COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET Cie, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME CENT QUATRE-VINGT-SEIZIÈME.

JANVIER – JUIN 1933.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS et Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1933

ÉTAT DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

AU 1er JANVIER 1933

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

SECTION Ire. — *Géométrie.*

Messieurs :

PAINLEVÉ (*Paul*), ✻.
HADAMARD (*Jacques*-Salomon), O. ✻.
GOURSAT (*Édouard*-Jean-Baptiste), C. ✻.
BOREL (Félix-Édouard-Justin-*Émile*), O. ✻.
LEBESGUE (*Henri*-Léon), O. ✻.
CARTAN (*Élie*-Joseph), O. ✻.

SECTION II. — *Mécanique.*

VIEILLE (*Paul*-Marie-Eugène), G. C. ✻.
LECORNU (*Léon*-François-Alfred), C. ✻.
MESNAGER (*Augustin*-Charles-Marie), C. ✻.
DRACH (*Jules*), O. ✻.
JOUGUET (Jacques-Charles-*Émile*), O. ✻.
VILLAT (*Henri*-René-Pierre), ✻.

SECTION III. — *Astronomie.*

DESLANDRES (*Henri*-Alexandre), C. ✻.
BAILLAUD (Édouard-*Benjamin*), G. O. ✻.
HAMY (*Maurice*-Théodore-Adolphe), O. ✻.
ESCLANGON (*Ernest*-Benjamin), ✻.
MAURAIN (*Charles*), O. ✻.
LA BAUME PLUVINEL (Eugène-*Aymar*, comte DE), ✻.

Section IV. — *Géographie et Navigation.*

Messieurs :

Lallemand (Jean-Pierre, *dit Charles*), O. ✻.
Fournier (François-*Ernest*), G. C. ✻, ✠.
Bourgeois (Joseph-Émile-*Robert*), G. C. ✻.
Fichot (Lazare-*Eugène*), G. O. ✻.
Perrier (Antoine-François-Jacques-Justin-*Georges*), C. ✻.
Tilho (*Jean*-Auguste-Marie), C. ✻.

Section V. — *Physique générale.*

Villard (*Paul*), O. ✻.
Branly (*Édouard*-Eugène-Désiré), C. ✻.
Brillouin (Louis-*Marcel*), O. ✻.
Perrin (*Jean*-Baptiste), C. ✻.
Cotton (*Aimé*-Auguste), O. ✻.
Fabry (Marie-Paul-Auguste-*Charles*), O. ✻.

SCIENCES PHYSIQUES.

Section VI. — *Chimie.*

Le Chatelier (*Henry*-Louis), G. O. ✻.
Béhal (*Auguste*), G. O. ✻.
Urbain (*Georges*), O. ✻.
Bertrand (*Gabriel*-Émile), O. ✻.
Matignon (Arthème-*Camille*), O. ✻.
Delépine (*Marcel*-Stéphane), O. ✻.

Section VII. — *Minéralogie.*

Barrois (*Charles*-Eugène), C. ✻.
Douvillé (Joseph-*Henri*-Ferdinand), O. ✻.
Wallerant (*Frédéric*-Félix-Auguste), O. ✻.
Launay (*Louis*-Auguste-Alphonse de), O. ✻.
Cayeux (*Lucien*), O. ✻.
Jacob (*Charles*-François-Étienne), ✻.

SECTION VIII. — *Botanique.*

Messieurs :

MANGIN (*Louis*-Alexandre), G. O. ✻.
COSTANTIN (*Julien*-Noël), O. ✻.
LECOMTE (Paul-*Henri*), O. ✻.
DANGEARD (*Pierre-Augustin*-Clément), O. ✻.
MOLLIARD (*Marin*), O. ✻.
BLARINGHEM (*Louis*-Florimond), ✻.

SECTION IX. — *Économie rurale.*

ROUX (Pierre-Paul-*Émile*), G. C. ✻.
LECLAINCHE (Auguste-Louis-*Emmanuel*), G. O. ✻.
VIALA (*Pierre*), C. ✻.
CALMETTE (Léon-Charles-*Albert*), G. C. ✻.
LAPICQUE (*Louis*-Édouard), C. ✻.
FOSSE (*Richard*-Jules), ✻.

SECTION X. — *Anatomie et Zoologie.*

BOUVIER (*Louis*-Eugène), C. ✻.
MARCHAL (*Paul*-Alfred), C. ✻.
JOUBIN (*Louis*-Marie-Adolphe-Olivier-Édouard), C. ✻.
MESNIL (*Félix*-Étienne-Pierre), O. ✻.
GRAVIER (*Charles*-Joseph), O. ✻.
CAULLERY (*Maurice*-Jules-Gaston-Corneille), O. ✻.

SECTION XI. — *Médecine et Chirurgie.*

ARSONVAL (Jacques-*Arsène* D'), G. C. ✻.
RICHET (Robert-*Charles*), G. O. ✻.
QUÉNU (*Édouard*-André-Victor-Alfred), C. ✻.
BAZY (*Pierre*-Jean-Baptiste), C. ✻.
VINCENT (Jean-*Hyacinthe*), G. O. ✻.
ACHARD (Émile-*Charles*), C. ✻.

SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

Messieurs :

PICARD (Charles-*Émile*), G. C. ✻, pour les sciences mathématiques.
LACROIX (François-Antoine-*Alfred*), C. ✻, pour les sciences physiques.

ACADÉMICIENS LIBRES.

BLONDEL (*André*-Eugène), C. ✻.
JANET (*Paul*-André-Marie), C. ✻.
BRETON (*Jules-Louis*).
OCAGNE (Philibert-*Maurice* D'), C. ✻.
BROGLIE (Louis-César-Victor-*Maurice*, duc DE), O. ✻.
DESGREZ (*Alexandre*), O. ✻.
SÉJOURNÉ (Aignan-*Paul*-Marie-Joseph), G. O. ✻.
CHARCOT (*Jean*-Baptiste-Étienne-Auguste), C. ✻.
HELBRONNER (*Paul*), O. ✻.
GRAMONT (*Armand*-Antoine-Auguste-Agénor, duc DE), O. ✻.

MEMBRES NON RÉSIDANTS.

SABATIER (*Paul*), G. O. ✻, à Toulouse.
FLAHAULT (*Charles*-Henri-Marie), O. ✻, à Montpellier.
GRIGNARD (François-Auguste-*Victor*), O. ✻, à Lyon.
WEISS (*Pierre*-Ernest), O. ✻, à Strasbourg.
NICOLLE (*Charles*-Jules-Henri), C. ✻, à Tunis.
CUÉNOT (*Lucien*-Claude-Jules-Marie), ✻, à Nancy.

APPLICATIONS DE LA SCIENCE À L'INDUSTRIE.

CHARPY (Augustin-*Georges*-Albert), O. ✻, à Paris.
LUMIÈRE (*Louis*-Jean), C. ✻, à Neuilly-sur-Seine.
LAUBEUF (Alfred-*Maxime*), C. ✻, à Toulon.
CLAUDE (*Georges*), ✻, à Rueil (Seine-et-Oise).
GUILLET (*Léon*-Alexandre), C. ✻, à Paris.
REY (*Jean*-Alexandre), C. ✻, à Paris.

ASSOCIÉS ÉTRANGERS.

Messieurs :

VOLTERRA (*Vito*), G. O. ✻, à Rome.
HALE (*George* Ellery), à Pasadena (Californie).
THOMSON (Sir *Joseph* John), à Cambridge (Angleterre).
BRÖGGER (*Waldemar Christofer*), C. ✻, à Oslo.
BORDET (*Jules*-Jean-Baptiste-Vincent), C. ✻, à Bruxelles.
PATERNÒ DI SESSA (*Emanuele*), G. O. ✻, à Palerme.
WINOGRADSKY (*Serge*), à Brie-Comte-Robert (Seine-et-Marne).
TORRES QUEVEDO (*Leonardo*), C. ✻, à Madrid.
RUTHERFORD (Lord *Ernest*), à Cambridge (Angleterre).
WILSON (*Edmund Beecher*), à New York.
....
....

CORRESPONDANTS.

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

SECTION Ire. — *Géométrie* (10).

HILBERT (*David*), à Göttingen.
LA VALLÉE POUSSIN (*Charles*-Jean-Gustave-Nicolas DE), O. ✻, à Louvain.
LARMOR (Sir *Joseph*), à Cambridge (Angleterre).
DICKSON (*Leonard Eugene*), à Chicago.
NÖRLUND (*Niels Erik*), ✻, à Copenhague.
BERNSTEIN (*Serge*), à Kharkow.
BIRKHOFF (*George* David), à Cambridge (Massachusetts).
CASTELNUOVO (*Guido*), à Rome.
FABRY (Charles-*Eugène*), ✻, à Marseille.
COTTON (*Émile*-Clément), ✻, à Grenoble.

Section II. — *Mécanique* (10).

Messieurs :

LEVI-CIVITA (*Tullio*), à Rome.
SPARRE (le comte *Magnus*-Louis-Marie DE), ✻, à Lyon.
WADDELL (*John Alexander Low*), à New York.
ANDRADE (*Jules*-Frédéric-Charles), ✻, à Cayeux (Somme).
CAMICHEL (*Charles*-Moïse), O. ✻, à Toulouse.
ROY (*Louis*-Maurice), à Toulouse.
AUCLAIR (Noël-Marie-*Joseph*), O. ✻, à Bellevue.
STODOLA (*Aurel*), à Zurich.
LOVE (*Augustus Edward Hough*), à Oxford.
....

Section III. — *Astronomie* (10).

VERSCHAFFEL (*Aloys*), ✻, à Villefranque (Basses-Pyrénées).
DYSON (Sir *Frank* Watson), à Greenwich.
GONNESSIAT (*François*), ✻, à Alger.
CAMPBELL (*William Wallace*), O. ✻, au Mount Hamilton (Californie).
FABRY (*Louis*), ✻, à Marseille.
FOWLER (*Alfred*), à Londres.
BROWN (*Ernest William*), à New-Haven (Connecticut).
PICART (Théophile-*Luc*), O. ✻, à Bordeaux.
STROOBANT (*Paul*-Henri), ✻, à Uccle.
....

Section IV. — *Géographie et Navigation* (10).

HEDIN (*Sven* Anders), à Stockholm.
DAVIS (*William Morris*), ✻, à Cambridge (Massachusetts).
BERLOTY (Camille-Marie-Antoine-*Bonaventure*), ✻, à Ksara (Syrie).
BOWIE (*William*), à Washington.
GERLACHE DE GOMERY (le baron *Adrien* DE), O. ✻, à Bruxelles.
RICHARD (*Jules*), O. ✻, à Monaco.
SCHOKALSKY (*Jules*), ✻, à Leningrad.
VANSSAY DE BLAVOUS (*Pierre*-Marie-Joseph-Félix-Antoine DE), O. ✻, à Monaco.
....
....

SECTION V. — *Physique générale* (10 + 1).

Messieurs :

GUILLAUME (*Charles-Édouard*), C. ✻, à Sèvres.
MATHIAS (*Émile*-Ovide-Joseph), ✻, à Clermont-Ferrand.
ZEEMAN (*Pieter*), à Amsterdam.
BRAGG (Sir *William* Henry), à Londres.
MILLIKAN (*Robert Andrews*), à Pasadena (Californie).
GUYE (*Charles-Eugène*), ✻, à Genève.
TOWNSEND (*John* Sealy), ✻, à Oxford.
CABRERA (*Blas*), à Madrid.
GUTTON (*Camille*-Antoine-Marie), O. ✻, à Paris.
BUISSON (*Henri*-Auguste), O. ✻, à Marseille.
CABANNES (*Jean*), à Montpellier.

SCIENCES PHYSIQUES.

SECTION VI. — *Chimie* (10 + 1).

FORCRAND DE COISELET (Hippolyte-*Robert* DE), O. ✻, à Nice.
GUNTZ (*Antoine*-Nicolas), O. ✻, à Nancy.
WALDEN (*Paul*), à Rostock (Allemagne).
PICTET (*Amé*), O. ✻, à Genève.
RECOURA (*Albert*), O. ✻, à Grenoble.
SENDERENS (*Jean-Baptiste*), ✻, à Rabastens-de-Bigorre (Hautes-Pyrénées).
HADFIELD (Sir *Robert* Abbott), O. ✻, à Londres.
POPE (Sir *William* Jackson), à Cambridge (Angleterre).
PASCAL (*Paul*-Victor-Henri), ✻, à Paris.
SWARTS (*Frédéric*-Jean-Edmond), O. ✻, à Gand.
HOLLEMAN (*Arnold Frederik*), ✻, à Bloemendaal (Pays-Bas).

SECTION VII. — *Minéralogie* (10).

HEIM (*Albert*), à Zurich.
FRIEDEL (*Georges*), O. ✻, à Strasbourg.

Messieurs :

BIGOT (*Alexandre*-Pierre-Désiré), ✻, à Mathieu (Calvados).
LUGEON (*Maurice*), C. ✻, à Lausanne.
MARGERIE (*Emmanuel*-Marie-Pierre-Martin JACQUIN DE), O. ✻, à Paris.
OSBORN (*Henry Fairfield*), à Garrisson (New York).
VERNADSKY (*Wladimir*), à Leningrad.
CESÁRO (*Giuseppe* Raimondo Pio), à Liége.
GIGNOUX (*Maurice*-Irenée-Maria), ✻, à Grenoble.
. . . .

SECTION VIII. — *Botanique* (10).

DE VRIES (*Hugo*), à Lunteren (Pays-Bas).
SAUVAGEAU (*Camille*-François), ✻, à Bordeaux.
CHODAT (*Robert*-Hippolyte), ✻, à Pinchat, près de Genève.
LECLERC DU SABLON (Albert-*Mathieu*), ✻, à Vénéjan (Gard).
JUMELLE (*Henri*-Lucien), ✻, à Marseille.
MAIRE (*René*-Charles-Joseph-Ernest), ✻, à Alger.
SCOTT (*Dukinfield Henry*), à Oakley, Hants (Angleterre).
DANIEL (*Lucien*-Louis), ✻, à Rennes.
IKENO (*Seïitiro*), à Tokyo.
PERRIER DE LA BÂTHIE (*Henri*-Alfred-Joseph), ✻, à Saint-Pierre-d'Albigny, Savoie.

SECTION IX. — *Économie rurale* (10).

PERRONCITO (*Edoardo*), C. ✻, à Turin.
IMBEAUX (Charles-*Édouard*-Augustin), O. ✻, à Nancy.
RUSSELL (Sir Edward *John*), à Harpenden (Angleterre).
RAVAZ (Etienne-*Louis*), O. ✻, à Montpellier.
PORCHER (*Charles*-Casimir-Toussaint), O. ✻, à Paris.
SERGENT (Étienne-Louis-Marie-*Edmond*), O. ✻, à Mustapha-Alger.
THEILER (Sir *Arnold*), à Lucerne.
LAGATU (*Henri*-Désiré), O. ✻, à Montpellier.
SMITH (*Theobald*), à Princeton (New-Jersey).
. . . .

SECTION X. — *Anatomie et Zoologie* (10 + 1).

Messieurs :

RAMON CAJAL (*Santiago*), C. ✻, à Madrid.
BOULENGER (*George-Albert*), à Bruxelles.
BATAILLON (Jean-*Eugène*), O. ✻, à Montpellier.
VAYSSIÈRE (Jean-Baptiste-Marie-*Albert*), ✻, à Marseille.
LAMEERE (*Auguste*-Alfred-Lucien-Gaston), ✻, à Saint-Gilles-lez-Bruxelles.
SCHMIDT (Ernst *Johannes*), C. ✻, à Copenhague-Valby.
LÉGER (*Louis*-Urbain-Eugène), O. ✻, à Grenoble.
PELSENEER (*Paul*), O. ✻, à Bruxelles.
MORGAN (*Thomas Hunt*), à Pasadena (États-Unis).
BOUIN (André-*Pol*), O. ✻, à Strasbourg.
GUYÉNOT (*Émile*-Louis-Charles), ✻, à Genève.

SECTION XI. — *Médecine et Chirurgie* (10).

PAVLOV (*Ivan* Petrovitch), à Leningrad.
YERSIN (*Alexandre*-John-Émile), C. ✻, à Nha-Trang (Annam).
WRIGHT (Sir *Almroth* Edward), à Londres.
SHERRINGTON (Sir *Charles* Scott), à Oxford.
FREDERICQ (*Léon*), à Liége.
FORGUE (*Émile*), C. ✻, à Paris.
CARREL (*Alexis*), C. ✻, à New York.
LUMIÈRE (*Auguste*-Marie-Louis-Nicolas), C. ✻, à Lyon.
FLEXNER (*Simon*), C. ✻, à New York.
CANTACUZÈNE (*Jean*), G. O. ✻, à Bucarest.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 3 JANVIER 1933.

PRÉSIDENCE DE M. ROBERT BOURGEOIS, PUIS DE M. CHARLES RICHET.

M. **Robert Bourgeois**, Président sortant, fait connaître à l'Académie l'état où se trouve l'impression des recueils qu'elle publie et les changements survenus parmi les Membres, les Associés étrangers et les Correspondants pendant le cours de l'année 1932.

État de l'impression des recueils de l'Académie au 1er janvier 1933.

Comptes rendus des séances de l'Académie. — Les tomes 192 (1er semestre de l'année 1931) et 193 (2e semestre de l'année 1931) sont parus avec leurs tables et ont été mis en distribution.

Les numéros des 1er et 2e semestres de l'année 1932 sont parus, chaque semaine, avec la régularité habituelle. Les tables du 1er semestre sont à l'impression.

Mémoires de l'Académie. — Le tome 60 est paru et a été mis en distribution.

Procès-verbaux des séances de l'Académie des Sciences, tenues depuis la fondation de l'Institut jusqu'au mois d'août 1835.

Un volume de tables générales est en voie d'achèvement

Annuaire de l'Académie. — L'Annuaire pour 1933 est paru; il est mis en distribution au cours de la présente séance.

Membres décédés depuis le 1er janvier 1932.

Section d'Astronomie. — M. **Guillaume Bigourdan**, le 28 février, à Paris.

Section de Géographie et Navigation. — M. **Gustave Ferrié**, le 16 février, à Paris.

Membres élus depuis le 1er janvier 1932.

Section de Mécanique. — M. **Henri Villat**, le 7 mars, en remplacement de M. Gabriel Koenigs, décédé.

Section d'Astronomie. — M. **Aymar de La Baume Pluvinel**, le 28 novembre, en remplacement de M. Guillaume Bigourdan, décédé.

Section de Géographie et Navigation. — M. **Jean Tilho**, le 20 juin, en remplacement de M. Gustave Ferrié, décédé.

Membres à remplacer.

Associés étrangers. — Sir **Ray Lankester**, mort à Londres, le 15 août 1929; M. **Albert Michelson**, mort à Pasadena, le 9 mai 1931.

Correspondants décédés depuis le 1er janvier 1932.

Pour la Section de Géométrie. — M. **René Baire**, le 5 juillet, à Chambéry.

Pour la Section de Minéralogie. — M. **Albert Durand de Grossouvre**, le 18 mai, à Bourges.

Pour la Section de Botanique. — M. **Roland Thaxter**, le 22 avril, à Cambridge, Massachusetts; M. **Paul Vuillemin**, le 30 juin, à Malzeville.

Pour la Section d'Économie rurale. — M. **Bernhard Bang**, le 22 juin, à Copenhague.

Correspondants élus depuis le 1er janvier 1932.

Pour la Section d'Astronomie. — M. **Paul Stroobant**, à Bruxelles, le 4 avril, en remplacement de M. Auguste Lebeuf, décédé.

Pour la Section de Géographie et Navigation. — M. **Jules Schokalsky**, à Leningrad, le 22 février, en remplacement de M. Georges Lecointe, décédé; M. **Pierre de Vanssay de Blavous**, à Monaco, le 29 février, en remplacement de M. Fridtjof Nansen, décédé.

Pour la Section de Physique générale. — M. **Henri Buisson**, à Marseille, le 9 mai, en remplacement de M. René Blondlot, décédé; M. **Jean Cabannes**, à Montpellier, le 20 juin.

Pour la Section de Minéralogie. — M. **Maurice Gignoux**, à Grenoble, le 8 février, en remplacement de M. Friedrich Becke, décédé.

Pour la Section de Botanique. — M. **Henri Perrier de la Bâthie**, à Saint-Pierre-d'Albigny (Savoie), le 17 mai.

Pour la Section d'Économie rurale. — M. **Bernhard Bang**, à Copenhague, le 15 février, en remplacement de M. Jakob Eriksson, décédé; M. **Théobald Smith**, à Princeton, le 22 février, en remplacement de M. Jean Effront, décédé.

Pour la Section d'Anatomie et Zoologie. — M. **Pol Bouin**, à Strasbourg, le 1er février, en remplacement de M. Lucien Cuénot, élu membre non résidant; M. **Émile Guyenot**, à Genève, le 14 mars.

Pour la Section de Médecine et Chirurgie. — M. **Jean Cantacuzène**, à Bucarest, le 14 mars, en remplacement de Sir David Bruce, décédé.

Correspondants à remplacer.

Pour la Section de Mécanique. — M. **Henri Villat**, élu membre de la Section de Mécanique, le 7 mars 1932.

Pour la Section d'Astronomie. — M. **Herbert Hall Turner**, mort à Stockholm, le 18 août 1930.

Pour la Section de Géographie et Navigation. — M. **A.-L. de Teffé**,

mort à Petrepolis, Brésil, le 7 février 1931 ; M. **Jean Tilho**, élu membre de la Section de Géographie et Navigation, le 20 juin 1932.

Pour la Section de Minéralogie. — M. **Albert Durand de Grossouvre**, mort à Bourges, le 18 mai 1932.

Pour la Section d'Économie rurale. — M. **Bernhard Bang**, mort à Copenhague, le 22 juin 1932.

Pour les Sections qui seront désignées par l'Académie :

A. — Les correspondants suivants pour la Section de Botanique : M. **Roland Thaxter**, mort à Cambridge, Massachusetts, le 22 avril 1932 ; M. **Paul Vuillemin**, mort à Malzeville, le 30 juin 1932.

B. — Le correspondant suivant pour la Section de Géométrie : M. **René Baire**, mort à Chambéry, le 5 juillet 1932.

M. **Robert Bourgeois**, Président sortant, s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Me voici arrivé à la fin de mon année présidentielle, et quand je jette un regard en arrière je trouve qu'une année est bien vite, trop vite, passée.

Je vous remercie encore du grand honneur que vous m'avez fait en m'appelant à la Vice-Présidence, puis à la Présidence de votre Compagnie. C'est un souvenir qui ne me quittera jamais.

Je souhaite en votre nom à tous, au nom des Secrétaires perpétuels et au mien propre, la bienvenue au fauteuil présidentiel à mon successeur, notre très sympathique Confrère le docteur Richet. Je suis certain que vous lui témoignerez la même bienveillance qu'à moi-même et que vous écouterez, au cours de sa Présidence, avec la même attention qu'au cours de la mienne, les intéressantes Communications de nos Confrères.

En terminant, je vous demande d'agréer pour vous et tous les vôtres les vœux que je forme pour 1933. En ce qui nous concerne particulièrement, comme nous ne sommes plus en général, hélas, de la première jeu-

nesse, je vous souhaite à tous de jouir, au cours de la nouvelle année, de la meilleure santé possible. Et maintenant, j'invite le docteur Richet à venir occuper le fauteuil présidentiel.

En prenant possession du fauteuil de la Présidence, M. **Charles Richet** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Vous fûtes bien imprudents en me désignant pour être votre président, car l'âge cruel affaiblit ma voix et mes forces. Oui, l'âge ! en effet il y a plus d'un demi siècle (55 ans) que je faisais une première Communication à notre Académie.

Malgré tout, je tâcherai d'imiter les célèbres Confrères qui m'ont précédé dans cette glorieuse charge, et principalement mon immédiat prédécesseur, le Général Bourgeois. Il a dirigé nos séances avec une sagacité égale à sa courtoisie. M. le Général Bourgeois a le même dévoûment à la patrie et à la science qu'il confond dans un commun amour.

A vrai dire, le rôle de votre président n'est pas bien compliqué, car vos séances ne sont pas, comme dans d'autres réunions, tumultueuses, et d'autre part vos Secrétaires perpétuels sont là qui rendent la tâche extraordinairement facile au *roi fainéant* qui pendant une année occupera ce fauteuil. L'histoire nous apprend qu'à côté du roi fainéant, il y avait des maires du palais. Eh bien ! à côté de moi ici, je vois deux *maires du palais* dont le tact et la vigilance imposent à tous, non seulement le respect, mais encore la reconnaissante affection.

Le privilège de l'âge et de la présidence me donne presque le droit, mes chers Confrères et amis, de vous faire deux prières, ou plutôt deux exhortations,

D'abord, ainsi que tous mes prédécesseurs vous l'ont dit, il conviendrait que, lorsque l'un de nous prend la parole, il se fît dans la salle un peu de silence. Je ne dis pas le silence absolu, c'est à peu près impossible, mais au moins si l'on parle à ses voisins, si l'on se déplace pour aller dire quelques mots à un confrère, que ce soit sans bruit. Parlez à voix très basse, de manière à ne pas gêner l'orateur. Je sais que parfois les étrangers ont été surpris en voyant que les Communications n'étaient pas mieux écoutées.

Et puis, l'avouerai-je, il y a quelquefois un peu la faute de l'orateur qui

ne parle pas à voix suffisamment haute et qui semble s'adresser plutôt aux journalistes qui sont près de lui, qu'à ses confrères de l'Académie.

Peut-être aussi, en présentant la Note d'un de ses élèves, le présentateur doit-il se rappeler que sur les faits qu'il annonce, nous sommes pour la plupart assez incompétents. Il ne doit donc pas craindre de commencer par être très élémentaire, comme si, au lieu de s'adresser à des maîtres, il s'adressait à de jeunes étudiants. C'est un précepte que, jadis, M. Thiers recommandait, disant humoristiquement : « Quand je parle de la Ville de Paris, je commence par dire que Paris est la capitale de la France et que cette capitale est traversée par la Seine. »

Mais c'est peut-être un tort que de donner des conseils, car chaque orateur a sa manière et cette manière, quoiqu'elle soit différente suivant les orateurs, ne peut être que la bonne.

Oserai-je encore vous faire une seconde proposition qui différera un peu de ce qu'ont dit les présidents illustres qui m'ont précédé ?

Jadis, à la suite de telle ou telle Communication, il s'élevait une discussion, brève assurément, mais toujours courtoise et parfois éloquente. Ce n'était pas de la polémique, c'était plutôt un surcroît d'information demandée, une interrogation. Les paroles échangées alors étaient instructives et donnaient de l'attrait à nos séances. Mais par malheur cet ancien usage a complètement disparu ; il est extrêmement rare qu'il soit présenté par l'un de nous quelques remarques, quelques objections peut-être, aux Notes qui nous sont soumises.

Certes, nous lisons dans nos admirables *Comptes rendus* des Notes parfois très techniques, et nous pouvons les méditer à loisir, mais il serait bon qu'il y eût quelquefois une courte discussion. Je regrette donc un peu ces habitudes d'autrefois ; mais pour y revenir il faudrait, d'une part, que le présentateur parlât très haut, d'autre part, que sa parole fût écoutée avec plus de silence.

En effet, ne nous le dissimulons pas, sachons, sans vain orgueil, que nous sommes ici les dépositaires d'un trésor sacré, trésor de la science, trésor qui augmente chaque jour très intensivement et très rapidement. Il n'est peut-être pas une seule grande découverte qui n'ait été prévue, annoncée, décrite, commentée, amplifiée par l'un de nous ou par l'un de nos prédécesseurs, ou par l'un de nos correspondants. Il n'existe pas, je puis le dire fièrement en votre nom, dans le monde entier, de recueil scientifique comparable à nos *Comptes rendus*. Si un invraisemblable cataclysme

anéantissait tout ce qui a été imprimé dans le monde, nos *Comptes rendus* suffiraient pour donner la notion de la civilisation scientifique mondiale.

Merci encore, mes chers Confrères, de la bienveillance que vous m'avez individuellement témoignée si souvent. J'espère fermement que nous serons *tous* ici, *tous*, au commencement de l'année 1934, pour saluer l'éminent vice-président qui sera appelé à me succéder.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉOLOGIE. — *Découverte du Permien marin au Djebel Tébaga (Extrême-Sud tunisien).* Note de MM. **H. Douvillé**, **M. Solignac** et **E. Berkalloff.**

Le Djebel Tebaga (326^{m}), prolongé vers l'Est par les Djebels es Souinia et Saïkra (302^{m}), se trouve sur la bordure septentrionale de la vaste plaine de la Jefara, à 56^{km} au sud-sud-est de Gabès et à 26^{km} à l'ouest-nord-ouest de Médenine. Il forme un chaînon monoclinal, orienté ENE-OSO, aux couches fortement inclinées vers le Sud et recouvertes en discordance par le Crétacé moyen, pratiquement horizontal, du plateau du Dahar. Le Tébaga déborde de dessous ce plateau, au droit du Kef en Nsoura (feuille Matmata à 1/100000e du Service géographique de l'Armée).

La composition et l'aspect lithologique de ce petit massif ont permis de confondre, jusqu'ici, les formations qui le composent avec le Trias, abondamment développé dans la région. M. P. Termier considérait même comme liasiques les deux crêtes calcaires du Baten Beni Zid et du Tébaga-Souinia en raison de leur grande analogie lithologique avec le Lias des régions septentrionales de la Tunisie. C'est à la fin de 1930, au cours d'une rapide tournée, que fut découvert un premier exemplaire de *Lonsdaleia* sp., et seulement au printemps de 1932 que des recherches méthodiques purent être réalisées.

La série stratigraphique du Djebel Tébaga est la suivante, de bas en haut et du Nord au Sud :

1° Banc de calcaire siliceux vert, sans fossiles, visible seulement près du Djebel Oum el Afiane, au-dessus de marnes bariolées d'âge encore indéterminé. — Ép. 2-3^{m}.

2° Alternances de grès friables jaunes, de grès noir, dur et ferrugineux, de grès roux et d'argiles rouges et vertes, formant la dépression comprise entre Oum el Afia et la crête nord du Tébaga (Batene Beni Zid). On y trouve : *Fusulina exilis* Schwag., *Neoschwagerina* cf. *craticulifera* Schw., *Lonsdaleia* sp., Spongiaires.

Cette série se termine par un banc de grès calcaire jaune contenant *Medlicottia Orbignyana* Vern., var. *Trautscholdi* Gemm. — Ép. tot. 135^m.

3° Marnes vertes et calcaires verts du flanc nord du Batene Beni Zid, présentant deux horizons fossilifères.

a. Niveau inférieur : *Neoschwagerina* cf. *globosa* Yabe., *Marginifera* cf. *himalayensis* Diener, *Pleurotomaria* aff. *murchisoniæformis* Gemm., *Sphaeros spongia permotessellata* Par.

b. Niveau supérieur à *Neoschwagerina* cf. *globosa* Yabe, *Michelinia* sp., *Virgula* sp., *Cyathocrinus indicus* Waagen, *C. virgalensis* Waag., *C. goliathus* Waag., *C. kattænsis* Waag., *Poteriocrinus*? sp. Waag., *Megarhynchus Marii* Gemm., *Richtofenia lawrenciana* Waag., *Geyerella Gemellaroi* Schellw., *Meekella striatocostata* Cox, *M.* cf. *Mexicana* Girty, *Productus scabriculus* Mart., *P. opuntia* Waag., *Reticularia Dieneri* Gemm., *R. elegantula* Waag., *Athyris Royssii* Lév., *Martinia polymorpha* Gemm., *Notothyris* (*Rostranteris*) *exilis* Gemm., *Spiriferina cristata* Schloth. var. *kentuckensis* Schumard, *Spiriferina battus* Gemm., *Uncinulus Wangenheimi* Pander, *Chonetes granulifera* Ow., *Fenestella* sp., *Pleurotomaria Catherinæ* Gemm. var. *Matmatensis* n. v., *P.* aff. *conglobata* Wann. *Worthenia tabulata* Conrad, *Euomphalus* (*Phymatifer*) cf. *coroniferus* de Kon., *Bellerophon asiaticus* F. Rœm., *Bucanopsis* n. sp. aff. *B. meekiana* Swallow, *B.* n. sp. aff. *B. majusculus* Walcott. — Ép. 160-180^m.

4° Calcaire siliceux ou dolomitique, blanc ou gris, à Polypiers, de la crête de Batene Sidi Zid. — Ép. 60^m.

5° Marnes, grès et calcaires, formant un ensemble mal visible, disposé dans la dépression séparant les deux crêtes du Tébaga. On y trouve : *Neoschwagerina* aff. *multiseptata* Dep., *Virgula Osiensis* Par., *Lyttonia nobilis* Waag., *Rhætina lepton* Gemm., *Camarophoria humbletonensis* Howse, *Nucula* sp., *Bellerophon crassus* Girty. *Euomphalus khmerianus* Mansuy. — Ép. 450^m.

6° Marnes vertes, grès calcaires jaunâtres et calcaires verts à *Neoschwagerina multiseptata* Dep., *Alveolites septosa*? Fleming, nombreuses espèces nouvelles de Spongiaires et de Crinoïdes, *Lyttonia nobilis* Waag., *Richtofenia lawrenciana* Waag., *Meekella uralica* Tschern., *M. bashkirica* Tsch., *Productus opuntia* Waag., *Athyris Royssii* Lév., *A. Gerardi* Diener, *Reticularia* cf. *indica* Waag., *Spirifer* cf. *Wynnei* Waag., *Orthoceras cyclophorum* Waag. — Ép. 120^m.

7° Calcaires siliceux verts ou blancs ou violacés, parfois dolomitiques, à grain fin, à Entroques et minéralisés en smithsonite, hémimorphite et galène. Ils forment la crête méridionale du Tébaga. — Ép. 50^m.

8° Conglomérat à galets empruntés aux différents niveaux calcaires sous-jacents et marquant une discordance.

9° Alternances de grès jaunâtre argileux, de grès calcaires roux avec des marnes jaunâtres ou verdâtres contenant : *Cyathocrinus Goliathus* Waag., aff. *Poteriocrinus* sp? Waag., *Reticularia lineata* Mart, var. *affinis* Gemm., *R. indica* Waag.,

R. elegantula Waag., *R. inæquilateralis* Waag., *R. Caroli* Gemm., *Martinia orbicularis* Gemm., *M. uralica* Tscher., *Athyris Gerardi* Dien., *Enteletes micropolocus* Gemm., *Richtofenia* cf. *Lawrenciana* Waag., *Aviculopecten* cf. *Rossiensis* Netsch., *Pleurotomaria Mariani* Gemm., *Murchisonia* cf. *lævigata* Muns., *M.* cf. *Golowkinskii* Jakow., *Bellerophon crassoïdes* Reed, *B. crassoïdes* Reed var. *maximus* n. v., *B. Daubenyii* Gemm., *B. lamellosus* Gemm., *Portlockia decorata* Gemm. n. v., *Trachyspira delphinuloïdes* Gemm. (type et var. nouv.), *Loxonema heteromorphum* Gemm., *Flemingia gigas* Grabau, *Platystoma* cf. *indica* Waag., *Naticopsis petricola* Gemm., *Scutularia textilis* Man. *Macrocheilus avellanoïdes* Kon., *Macrocheilina* (*Sphærodoma*) *transitoria* Grab., *Cylindritopsis inflatus* Gemm., *Soleniscus mongolicus* Grab., *Glaphioceras* (*Anderssonoceras*) *angulatum* Haniel. — Ép. 40^m.

10° Grès jaunes et rouges alternant avec des marnes de même couleur et contenant la faune suivante, dont certains spécimens paraissent remaniés : Spongiaires, *Reticularia lineata* Mart. var. *affinis* Gemm., *R. inæquilateralis* Gemm., *Martinia triquetra*, *Athyris Royssii* Lév., *Macrocheilus avellanoïdes* Kon. — Ép. 60^m.

11° Grès brun à stratification entre-croisée. — Ép. 80^m.

12° Grès schisteux et marnes lie de vin. — Ép. 60^m.

13° Formation friable, érodée, dont les affleurements ne sont pas visibles. — Ép. 120^m.

14° Gros banc de grès. — Ép. 5^m.

15° Marnes et argiles gypseuses, vertes en profondeur, et lie de vin en surface. — Ép. 250-300^m.

16° Grès bruns et noirs à stratification plus ou moins entre-croisée. — Ép. 70^m.

La dernière assise passe, sans discordance apparente, aux grès rouges de la base du Trias dont une coupe détaillée a été donnée naguère par L. Pervinquière.

La faune précitée, indiscutablement permienne, a été déterminée par des comparaisons directes avec des échantillons provenant d'Artinsk, de la Salt Range (Inde), de Timor, de la Nouvelle-Galles du Sud, de l'Amérique du Nord et de la Sicile, conservés au Muséum d'Histoire naturelle de Genève, au British Museum of Natural History de Londres, et au Musée de Géologie de l'Université de Palerme [1]. Elle est remarquable par l'absence totale des Trilobites, la rareté des Lamellibranches et des Céphalopodes, la taille généralement forte des Gastéropodes.

La présence de genres tels que *Lyttonia*, *Richtofenia*, *Anderssonoceras* et d'espèces de Fusulinidés caractéristiques du Permien Extrême oriental lui confère un certain caractère asiatique, tandis que plusieurs des Belléro-

(1) Nous sommes heureux de remercier MM. Favre et Joukowsky, de Genève, MM. W. N. Edwards, L. R. Cox, L. F. Spath, H. D. Thomas, miss H. M. Muir-Wood, du British Museum of Natural History, M. le professeur R. Fabiani et M. le Dr di Salvo de Palerme, de l'aide qu'ils nous ont prodiguée au cours de nos recherches.

phontidés et Pleurotomaridés présentent des affinités américaines. Il convient de remarquer aussi que les Fusulinidés, tout en ayant des caractères assez particuliers, ne paraissent pas cependant devoir être considérées comme des espèces distinctes mais seulement comme des races des formes auxquelles nous les avons rapportés.

D'une manière générale, on peut constater que, sur les 84 espèces, cidessus énumérées et constituant jusqu'à ce jour la faune permienne du Tébaga, 33 sont des types du Permien moyen de Sicile, 30 des types provenant du Middle et de l'Upper Productus Limestone de la Salt Range (Inde) que l'on classe actuellement dans le Permien supérieur. Quatre espèces seulement parmi les Brachiopodes et deux parmi les Mollusques sont originaires du Permien de la Russie (Oural et Timan). Les autres formes sont soit des espèces nouvelles, soit des espèces de l'Amérique du Nord, de l'Indochine française, de la Chine, de Timor et d'Australie.

Ces constatations permettent d'attribuer aux couches du Tébaga un âge permien moyen et supérieur que corrobore la détermination des Fusulinidés. Il résulte, en effet, des plus récentes études faites en Indochine et au Japon (MM. Fromaget et Ozawa), que l'association de *Fusulina exilis* Schw. (=*Fusulina japonica* Gumb.) et de *Neoschwagerina craticulifera* Schw. pourrait caractériser, en Tunisie, le Permien moyen, tandis que les assises à *Neoschwagerina globosa* Yabe puis à *Neoschwagerina multiseptata* Dep. appartiendraient au Permien supérieur.

Il est à remarquer que les couches 8 à 16, séparées par une discordance des dernières assises à Fusulinidés, correspondent, par leur grande épaisseur et par leur faune, au Bellerophonkalk du Permien le plus élevé des Alpes Carniques et au Maping Limestone de la Chine méridionale. Elles occupent donc la position de la lacune qui, dans la série permienne incomplète du Salt Range, marque le passage de l'Upper Productus Limestone au Trias.

La découverte du Permien marin dans l'Extrême Sud tunisien marque la première mention de couches à Fusulinidés en Afrique. Elle permet de reculer vers le Sud les limites antérieurement assignées, dans cette zone des pays méditerranéens, au bord méridional du géosynclinal néopaléozoïque de la Thétys et d'y restreindre l'importance de la régression postmoscovienne.

M. E. Fichot fait hommage à l'Académie de l'*Annuaire pour l'an* 1933 publié par le Bureau des Longitudes.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Table des Matières du volume IX, année 1929, des *Tables annuelles de constantes et données numériques de Chimie, de Physique, de Biologie et de Technologie*. Secrétaire général : Ch. Marie; rédigées par G. Kravtzoff.

2° Grégoire C. Vasilesco. *Canalisation du secteur des cataractes du Bas-Danube*. II. *Barrages — écluses — usines hydro-électriques*.

3° Sir James Jeans, M. l'Abbé Lemaître, W. De Sitter, Sir Arthur Eddington, E. A. Milne, R. A. Millikan. *Discussion sur l'Évolution de l'Univers*. Traduction et Avant-Propos par Paul Couderc.

4° *Voyages et Découvertes scientifiques des Missionnaires naturalistes à travers le Monde* (xve à xxe siècle), par P. Fournier.

5° Th. Got. *Propriétés générales des groupes discontinus* (Fascicule XX du *Mémorial des Sciences mathématiques*). (Présenté par M. E. Cartan.)

6° Lucien Berland. *Les Arachnides* (*Scorpions*, *Araignées*, *etc.*). (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

GÉOMÉTRIE. — *Sur la représentation conforme de l'espace de Finsler sur l'espace euclidien*. Note [1] de M. **St. Golab**, présentée par M. Élie Cartan.

Le but de la présente Note est d'établir le théorème suivant relatif à la représentation conforme de l'espace F_n de Finsler sur l'espace euclidien R_n.

Théorème. — *Une représentation conforme de l'espace* F_n *de Finsler sur l'espace euclidien* R_n *est possible seulement dans le cas où* F_n *est un espace de Riemann.*

Démonstration. — Un espace à n dimensions F_n est appelé espace de Finsler [2], lorsque sa métrique est définie par la formule

$$ds = F(x^1, \ldots, x^n; dx^1, \ldots, dx^n), \tag{1}$$

[1] Séance du 27 décembre 1932.

[2] *Ueber Kurven und Flächen in allgemeinen Räumen*, Dissert., Göttingen, 1918.

où $F(x^1, \ldots, x^n; p^1, \ldots, p^n)$ est une fonction positivement homogène du premier ordre par rapport aux variables $p^1, \ldots, p^n$. Comme l'espace dont toutes les sections « planes » se réduisent aux ellipses est forcément identique à un espace de Riemann, il suffit de prouver notre théorème dans le cas $n=2$. Supposons que la représentation en question soit conforme en un point donné; nous obtenons alors, en adoptant la métrique angulaire au sens de Landsberg ([1]), la formule suivante :

$$\frac{G(\cos\varphi, \sin\varphi)}{F(\cos\varphi, \sin\varphi)} = \frac{\Delta}{(g_{11}\cos^2\varphi + 2g_{12}\cos\varphi\sin\varphi + g_{22}\sin^2\varphi)^2}, \tag{2}$$

où

$$F(p^1, p^2) = F(x_0^1, x_0^2; p^1, p^2), \tag{3}$$

$$g_{11}, \quad g_{12}, \quad g_{22} \tag{4}$$

désignent des constantes convenables satisfaisant à l'inégalité

$$\Delta = g_{11}g_{22} - g_{12}^2 > 0, \tag{5}$$

et la fonction G représente la valeur commune des rapports suivants :

$$G(p^1, p^2) = \frac{\partial^2 F}{\partial p^1 \partial p^1} : (p^2)^2 = -\frac{\partial^2 F}{\partial p^1 \partial p^2} : p^1 p^2 = \frac{\partial^2 F}{\partial p^2 \partial p^2} : (p^1)^2. \tag{6}$$

Pour résoudre l'équation différentielle (2) nous posons pour abréger

$$\omega = g_{11}\cos^2\varphi + 2g_{12}\cos\varphi\sin\varphi + g_{22}\sin^2\varphi, \tag{7}$$

$$f(\varphi) = F(\cos\varphi, \sin\varphi). \tag{8}$$

L'équation (2) prend alors la forme

$$\boxed{\frac{f''}{f} = \frac{\Delta}{\omega^2} - 1}. \tag{9}$$

En posant

$$\mu = \frac{f'}{f}, \tag{10}$$

nous obtenons une équation du premier ordre de Riccati, pour laquelle la fonction

$$\mu_0 = \frac{d}{d\varphi}(ln\sqrt{\omega}) \tag{11}$$

représente une intégrale. L'équation (9) s'intègre donc par des quadratures

([1]) G. Landsberg, *Mathematische Annalen*, 65, 1908, p. 313-349.

et l'intégrale générale s'exprime par une des deux formules suivantes

$$f = C\sqrt{\omega}, \tag{12a}$$

$$f = A\sqrt{\omega}\,.\,e^{\int_0^{\varphi} \frac{d\varphi}{\omega\left[B+\int_0^{\varphi}\frac{d\varphi}{\omega}\right]}}, \tag{12b}$$

où A, B, C sont des constantes arbitraires remplissant les inégalités $C \neq 0$, $A \neq 0$. Les intégrales (12b) n'étant pas périodiques ne peuvent pas satisfaire à l'équation (8). Les intégrales (12a) représentent donc les solutions uniques de l'équation (9) pour lesquelles l'équation (8) peut être résolue en F. De là et des équations (7) et (8) il s'ensuit que l'indicatrice, au sens de Carathéodory, de l'espace F_2, forme, au point considéré, une ellipse. Ceci étant établi pour tout point, on en conclut que F_2 est un espace de Riemann. C. Q. F. D.

Observations de M. **Élie Cartan** *sur la Communication précédente.*

L'intéressant problème que pose et résout M. St. Golab pourrait être formulé d'une manière moins restrictive, en exigeant simplement la possibilité, en chaque point de l'espace donné, d'une correspondance conforme entre les directions issues de ce point et les directions issues d'un point fixe dans l'espace euclidien. Naturellement une telle correspondance existe toujours pour $n = 2$, mais il n'en est plus de même pour $n > 2$; seulement la condition peut être réalisée sans que l'espace soit riemannien. L'angle $d\varphi$ de deux directions infiniment voisines étant donné par

$$d\varphi^2 = \sum_{i,j} \frac{1}{F} \frac{\partial^2 F}{\partial p^i\, \partial p^j} dp^i\, dp^j, \tag{1}$$

la condition pour que la forme du second membre, qui ne dépend en réalité que des rapports p_i/p_j et de leurs différentielles, soit de courbure constante égale à 1, est donnée par les équations

$$\sum_{l,m} g^{lm}\left[\frac{\partial^3(F^2)}{\partial p^i\,\partial p^k\,\partial p^l}\,\frac{\partial^3(F^2)}{\partial p^j\,\partial p^h\,\partial p^m} - \frac{\partial^3(F^2)}{\partial p^i\,\partial p^h\,\partial p^l}\,\frac{\partial^3(F^2)}{\partial p^j\,\partial p^k\,\partial p^m}\right] = 0 \tag{2}$$
$$(i, j, k, h = 1, 2, \ldots, n).$$

On a désigné par g^{lm} le tenseur métrique contravariant, avec

$$g_{ij} = F\frac{\partial^2 F}{\partial p^i\,\partial p^j} + \frac{\partial F}{\partial p^i}\,\frac{\partial F}{\partial p^j} = \frac{1}{2}\,\frac{\partial^2(F^2)}{\partial p^i\,\partial p^j}.$$

Dans le cas $n=3$, l'unique condition (2) est susceptible d'une interprétation géométrique simple relative à l'ensemble des trois éléments plans, contenant l'élément linéaire p^i, définis par l'équation

$$\sum_{i,j,k} \frac{\partial^3(F^2)}{\partial p^i\,\partial p^j\,\partial p^k} X^i X^j X^k = 0;$$

par un choix convenable d'axes rectangulaires locaux (X, Y, Z), *cette équation est réductible à la forme*

$$aX^3 + bY^3 = 0.$$

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Couples de surfaces dont les lignes de courbure se correspondent, les tangentes correspondantes se coupant.* Note de M. S. **Finikoff.**

1. Supposons que sur les deux surfaces S et S′ les lignes de courbure se correspondent et que les tangentes homologues soient sécantes; appelons β l'angle des deux plans tangents, α et φ les angles de leur droite d'intersection d avec les tangentes aux lignes v de S et S′, t la distance de la droite d au point correspondant de S. En adoptant pour la surface S les notations de Darboux nous avons le système

$$(1)\quad \begin{cases} \dfrac{\partial \log t}{\partial u} + \dfrac{\xi}{t}\cos\alpha = \cot\alpha\left(\dfrac{\partial\alpha}{\partial u} + r\right), \\[2ex] \dfrac{\partial \log t}{\partial v} + \dfrac{\eta_1}{t}\sin\alpha = -\operatorname{tang}\alpha\left(\dfrac{\partial\alpha}{\partial v} + r_1\right), \end{cases}$$

$$(2)\quad \begin{cases} \dfrac{\partial}{\partial u}\left(\operatorname{tang}\dfrac{\beta}{2}\right) + \cot\varphi\left(\dfrac{\partial\alpha}{\partial u} + r\right) + q\,\dfrac{\cos\alpha\sin\varphi - \sin\alpha\cos\varphi\cos\beta}{\sin\varphi\sin\beta} = 0, \\[2ex] \dfrac{\partial}{\partial v}\left(\operatorname{tang}\dfrac{\beta}{2}\right) - \operatorname{tang}\varphi\left(\dfrac{\partial\alpha}{\partial v} + r_1\right) - p_1\,\dfrac{\sin\alpha\cos\varphi - \cos\alpha\sin\varphi\cos\beta}{\cos\varphi\sin\beta} = 0. \end{cases}$$

$$(3)\quad \operatorname{tang}\alpha\,\frac{\partial\alpha}{\partial u} = \operatorname{tang}\varphi\,\frac{\partial\varphi}{\partial u}, \qquad \cot\alpha\,\frac{\partial\alpha}{\partial v} = \cot\varphi\,\frac{\partial\varphi}{\partial v},$$

$$(4)\quad \frac{\partial}{\partial u}\left[\operatorname{tang}\alpha\left(\frac{\partial\alpha}{\partial v} + r_1\right)\right] + \frac{\partial}{\partial v}\left[\cot\alpha\left(\frac{\partial\alpha}{\partial u} + r\right)\right] = 0.$$

2. *Si l'on suppose* $\alpha=\varphi$, le système précédent est complet; chaque solution α de l'équation (4) détermine β et t avec deux constantes arbitraires. *Les normales de* S *et* S′ *se coupent et la surface* S′ *est une transformée de Ribaucour de* S. *Les surfaces* S′ *qui correspondent aux mêmes solutions* α *et* t *sont orthogonales à un système cyclique de Ribaucour.*

3. Si l'on suppose $\varphi \neq \alpha$, les équations (3) entraînent

$$\frac{\partial^2}{\partial u \, \partial v} \log(\operatorname{tang} \alpha) = 0. \tag{5}$$

Les équations (4) et (5) et les équations bien connues de la théorie des surfaces

$$\frac{\partial p_1}{\partial u} = -r_1 q, \qquad \frac{\partial q}{\partial v} = r p_1, \qquad \frac{\partial r}{\partial v} - \frac{\partial r_1}{\partial u} = -p_1 q \tag{6}$$

déterminent *une classe de surfaces* S *qui admettent au moins une solution* α; cette solution α étant obtenue, t ou φ s'obtiennent respectivement par les équations (1) ou (3) chacun avec une constante arbitraire; β s'obtient ensuite par les équations (2) avec une nouvelle constante arbitraire : la variation de cette constante permet de construire un système cyclique associé, de sorte que, α *et* t *restant fixes*, la variation de la constante qui entre dans φ donne ∞^1 *systèmes cycliques qui admettent les mêmes axes;* la congruence (d) est donc congruence cyclique de ∞^1 manières différentes : d'après le beau théorème de Cosserat, *elle est liée à un réseau conjugué persistant d'une surface*.

4. Les surfaces de révolution, ainsi que les surfaces développables, appartiennent à la classe (S) et admettent une infinité de congruences (d) essentiellement différentes, dépendant d'une fonction arbitraire d'un argument. Les surfaces $r = r_1 = C\sqrt{U'V'/(U-V)}$, où C est une constante, U ou V des fonctions du seul argument u ou v (U' ou V' étant la dérivée de U ou V) admettent des solutions α dépendant de deux constantes arbitraires. Pour tout autre surface de la classe S, il n'existe que *deux* ou *une seule* fonction α.

ANALYSIS SITUS. — *Sur les polygones d'approximation d'une courbe rectifiable.* Note de M. **Arnaud Denjoy**.

Le célèbre théorème de M. Goursat selon lequel une fonction $f(z)$ douée d'une dérivée finie à l'intérieur d'une région [1] R limitée par un contour C, et *continue sur le domaine* R + C, vérifie la condition de Cauchy

$$\int_C f(z)\, dz = 0,$$

[1] Nous appelons *région* un ensemble connexe ne renfermant que des points intérieurs, *domaine* la réunion d'une région finie et de sa frontière.

ne semble pas complètement établi dans le cas où C, sans posséder une tangente variant continûment, est néanmoins *rectifiable* ([1]).

Cependant, si l'on suppose en outre que C se compose d'un nombre fini de courbes simples de Jordan, le théorème de M. Goursat est aisé à prouver quand on utilise les divers résultats contenus dans l'une des démonstrations que j'ai données du théorème de Jordan (*Verslag v. de Konink. Abad. van Wetens. te Amsterdam*, 27, 29 juin 1918).

Considérons une décomposition du plan en carrés égaux de côté δ, chaque carré étant considéré comme comprenant son contour. E étant un ensemble fermé quelconque, on distingue les carrés γ ou $\gamma(E)$ ne contenant aucun point de E (donc situés à une distance positive de E) et les carrés γ' ayant au moins un point (intérieur ou frontière) commun avec E. L'ensemble des γ forme des régions accrues de leurs frontières. Celles-ci sont appelées « polygones d'approximation » de E relativement au quadrillage considéré. Si E est continu, chaque polygone d'approximation est *simple* (*Comptes rendus*, 153, 14 et 28 août 1911).

Si G *est une courbe simple de Jordan rectifiable de longueur* L, *tout polygone d'approximation* P *de* G *possédant plus de* HUIT *côtés a un périmètre inférieur à* 16L ([2]).

Soit N un sommet de P (ou plutôt un point de P sommet commun d'un γ et d'un γ'). Rattachons à N le point M de C, situé dans l'un des carrés γ' ayant pour sommet N, et le plus rapproché de N (ou l'un des plus proches, en cas d'ambiguïté). Dans ces conditions, *si* $N_0, N_1, \ldots, N_p \equiv N_0$ *sont les sommets successifs de* P *parcouru dans le sens positif et si* M_i *est le point de* G *attaché à* N_i, *on peut choisir pour* G *un sens de parcours tel que les* M_i *distincts soient rencontrés sur* G *dans le même ordre de succession que le sont les sommets* N_i *sur* P.

C'est le résultat essentiel que j'emprunte à la démonstration citée plus

---

(1) Voir par exemple KAMKE, *Math. Zeitschrift*, 35, III et IV, 1932, p. 539 et suiv.

(2) Le coefficient 16 n'a évidemment pas grand intérêt en lui-même. L'essentiel est l'existence d'une constante absolue k telle que $P \leqq kL$ dès que P possède plus de huit côtés. On peut distinguer deux constantes k et k' selon que G est dans la région intérieure ou dans la région extérieure à P. Le nombre des côtés de P parallèles à chacune des deux directions étant pair, si l'on suppose que P a dix côtés, on trouve $P \leqq 5L$. Donc $k \geqq 5$. On a $k' \geqq 2\sqrt{2} - 1$, comme on le voit si G est une ligne brisée symétrique par rapport aux droites $x = y$, $x + y = 3q\delta$, et admettant les sommets successifs $(3p\delta, 0)$; $(3p+1)\delta, -\delta-\varepsilon$; $(3p+2)\delta, -\delta-\varepsilon$, pour $p = 0, \ldots, q-1$, et pour finir le sommet $3q\delta, 0$.

haut (*loc. cit.*). Une conséquence immédiate de ceci est que la longueur de la ligne brisée fermée $M_0 M_1 \ldots M_p$ vaut au plus L.

Considérons les neuf sommets consécutifs $N_0, N_1, \ldots, N_8$ de P. Je dis que deux au moins des points $M_0, M_1, \ldots, M_8$ (qui sont distincts ou non les uns des autres) sont éloignés d'au moins δ. Sinon la distance mutuelle de deux quelconques de ces neuf points serait inférieure à δ. Soit γ'_i le carré γ' (ou l'un des carrés γ' en nombre au plus égal à 2) contenant N_i et M_i. Deux quelconques des neuf carrés γ'_i ont au moins un point commun. Ils ont d'ailleurs en tout au moins neuf sommets distincts, savoir les $N_i (0 \leqq i \leqq 8)$. Il est visible que s'il y avait seulement un, deux ou trois carrés γ'_i distincts, ils auraient en tout quatre, six et sept, ou huit sommets distincts. Reste seul possible le cas de quatre carrés ayant un sommet commun A. On a bien neuf sommets. Mais ces quatre carrés étant des γ', A n'est pas frontière d'un γ et par suite n'appartient pas à P [1].

Il y a donc deux points $M_{n_1} M_{n'_1} (0 \leqq n_1 < n'_1 \leqq 8)$ tels que $M_{n_1} M_{n'_1} \geqq \delta$. Parmi les points $M_{n'_1+i} (i = 0, \ldots, 8)$ il y en a deux, $M_{n_2} M_{n'_2} (n_2 < n'_2)$ dont la distance vaut au moins δ. Et ainsi de suite. On forme une ligne brisée fermée $M_{n_1} M_{n'_1} M_{n_2} \ldots, M_{n_k} M_{n'_k} M_{n_1}$ ou λ, k étant tel que

$$n'_{k-1} \leqq p + n_1 - 8 \leqq n_k < n'_k \leqq p + n_1,$$

et distance $M_{n_r} M_{n'_r} \geqq \delta$, $k\delta \leqq \lambda \leqq L$.

D'après $n'_1 \leqq 8$, $n'_r - n'_{r-1} \leqq 8$, $p < n'_k + 8 \leqq 8k + 8$, on trouve

$$P = p\delta < 8L + 8\delta < 16L,$$

puisque $L > \delta$ (et même évidemment $L > 2\delta$).

Cela étant, soit $f(z)$ holomorphe dans la région R, continue sur R + C, la frontière C de R étant formée d'un nombre fini m de courbes de Jordan G_r, deux à deux distinctes, simples, rectifiables, de longueur L_r.

A étant un point de R, choisi une fois pour toutes, dès que δ est assez petit, la frontière π du domaine formé de carrés $\gamma(C)$ et contenant A consiste en m polygones (simples) P_r approchant les G_r, chacun ayant au moins dix côtés, d'où périmètre $P_r < 16 L_r$.

$f(z)$ est holomorphe sur π et la démonstration de M. Goursat établit

$$\int_\pi f(z)\, dz = 0.$$

---

[1] Effectivement si G se réduit à un petit cercle de centre A et de rayon $\varepsilon < \delta$, P a huit sommets. Sa longueur est 8δ. P : L n'est pas borné.

Au sommet N de P_r nous avons attaché un point M de G_r. On a $NM < \sqrt{2}\delta$, et par suite $\Sigma MN < \sqrt{2}\ \text{long}.P_r < 16\sqrt{2}L_r$. Soient N et N′ deux sommets consécutifs de P_r, le sens positif sur π étant tel que A soit dans la région positive de π. Soit g le contour formé du segment NM, de l'arc MM′ de G_r, du segment M′N′ et du côté N′N de P. Soient $\omega(g)$ l'oscillation de $f(z)$ sur g, $\omega(\delta)$ le plus grand de tous les nombres $\omega(g)$. On a

$$\left|\int_C f(z)\,dz\right| = \left|\int_C f(z)\,dz - \int_\pi f(z)\,dz\right|$$
$$= \left|\sum \int_g f(z)\,dz\right| < \omega(\delta)\Sigma\,\text{long}.g < \omega(\delta)(16+16\sqrt{2}+1)\Sigma L_r.$$

Quand δ tend vers zéro, il en est de même de la plus grande dimension des contours g et par suite $\omega(\delta)$ tend vers zéro.

D'où résulte le théorème de M. Goursat.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les méthodes linéaires de sommation.* Note [1] de MM. **S. Mazur** et **W. Orlicz**, présentée par M. E. Cartan.

La suite $x = \{\xi_k\}$ est dite *sommable* [*vers* $A(x)$] par la méthode A, qui correspond au tableau (a_{ik}), lorsque chacune des séries $\sum_{k=1}^{\infty} a_{ik}\xi_k$ est convergente et la suite $\left\{\sum_{k=1}^{\infty} a_{ik}\xi_k\right\}$ converge aussi [vers $A(x)$]; nous désignons par A^* l'ensemble de toutes les suites sommables par la méthode A. La méthode A est dite *permanente*, lorsque toute suite convergente est sommable par la méthode A vers la limite de cette suite. Nous ne considérons dans la suite, à l'exception des théorèmes 1, 2, que des méthodes permanentes. La méthode A est *à lignes finies*, lorsque $a_{ik} = 0$ pour $k > k_i$; I désigne la méthode *identique*, c'est-à-dire celle qui correspond au tableau (ε_{ik}), $\varepsilon_{ik} = 0$ pour $i \neq k$, $= 1$ pour $i = k$.

Théorème 1. — *Soient* A *et* B *deux méthodes, dont* A *est permanente et* $A^* \subset B^*$. *Pour qu'il existe une méthode* C, *telle que* $C^* = A^*$, $C(x) = B(x)$ *pour* $x \in A^*$, *il faut et il suffit que*

$$\lim_{i\to\infty} \sum_{k=1}^{\infty} b_{ik} \neq \sum_{k=1}^{\infty} \lim_{i\to\infty} b_{ik}.$$

[1] Séance du 27 décembre 1932.

Remarque. — Il en résulte, que : 1° Il existe une méthode permanente A, telle que, quelle que soit la suite de méthodes à lignes finies $\{A_n\}$, on n'ait jamais

$$A^* = \prod_{n=1}^{\infty} A_n^*.$$

2° Il n'existe aucune suite de méthodes $\{A_n\}$, telle qu'on ait :

$$I^* = \prod_{n=1}^{\infty} A_n^*, \qquad A_n(x) = 0 \qquad \text{pour } x \in I^*.$$

THÉORÈME 2. — *Soit* A *une méthode à lignes finies. Pour qu'il existe une suite* $\{\varepsilon_k\}$ *telle que* $\xi_k = O(\varepsilon_k)$ *pour toute suite* $\{\xi_k\} \in A^*$, *il faut et il suffit que le système d'équations*

$$\sum_{k=1}^{\infty} a_{ik}\xi_k = 0$$

n'admette qu'un nombre fini de solutions linéairement indépendantes.

THÉORÈME 3. — *S'il existe une suite divergente sommable par les méthodes* A_n *vers le même nombre* ξ, *il existe aussi une suite non bornée sommable par les méthodes* A_n *vers* ξ.

Remarque. — Comme corollaire on peut déduire aisément un théorème de M. R. Agnew : Si la méthode A correspond au tableau (a_{ik}), $a_{ik} = 0$ pour $k = I$,

$$\lim_{i \to \infty}\left(|a_{ii}| - \sum_{k=1}^{i-1} |a_{ik}|\right) > 0,$$

on a $A^* = I^*$ (¹).

THÉORÈME 4. — *Soit* A *une méthode telle que les conditions* $\{\xi_k\} \subset A^*$, $\{\eta_k\} \subset A^*$ *entraînent* $\{\xi_k \eta_k\} \subset A^*$. *Il existe alors une suite d'indices* $\{k_n\}$ *telle que la sommabilité de la suite* $\{\xi_k\}$ *par la méthode* A *vers le nombre* ξ *équivaut à la relation* $\lim_{n \to \infty} \xi_{k_n} = \xi$.

THÉORÈME 5. — *Si l'ensemble de toutes les suites bornées sommables par une méthode* A *contient une suite divergente, il est non séparable dans l'espace de toutes les suites bornées.*

(¹) R. AGNEW, *Tôhoku Math. J.*, 35, 1932, p. 244-252.

THÉORÈME 6. — *Si toute suite bornée sommable par la méthode* A *est sommable par la méthode* B, *on a* $B(x) = A(x)$ *quelle que soit la suite bornée* $x \in A^*$.

Nous dirons que la suite $\{\xi_0^k\}$ sommable par la méthode A jouit de la propriété (P), s'il existe pour chaque $\varepsilon > 0$ et pour chaque p naturel une suite convergente $\{\xi_k\}$ telle que :

$$1^\circ \quad \left| \sum_{k=1}^{\infty} a_{ik}(\xi_k^0 - \xi_k) \right| < \varepsilon \qquad (i = 1, 2, \ldots);$$

$$2^\circ \quad |\xi_k^0 - \xi_k| < \varepsilon \qquad (k = 1, 2, \ldots, p);$$

$$3^\circ \quad \left| \sum_{k=1}^{n} a_{ik}(\xi_k^0 - \xi_k) \right| < \varepsilon \qquad (i = 1, 2, \ldots, p;\ n = 1, 2, \ldots).$$

THÉORÈME 7. — *Soient* A *une méthode et* $x \in A^*$. 1° *Si la suite* x_0 *jouit de la propriété* (P), *on a* $B(x_0) = A(x_0)$ *pour toute méthode* B, *telle que* $A^* \in B^*$; 2° *Si la suite* x_0 *ne jouit pas de la propriété* (P), *à chaque nombre* η_0 *correspond une méthode* B, *telle que* $B^* = A^*$ *et* $B(x_0) = \eta_0$.

THÉORÈME 8. — *Soit* A *une méthode à lignes finies. Pour que la suite* $\{\xi_k^0\}$ *sommable par la méthode* A *jouisse de la propriété* (P), *il faut et il suffit que pour chaque série* $\sum_{i=1}^{\infty} \Xi_i$ *absolument convergente et pour chaque indice* p *les conditions*

$$\sum \Xi_i a_{ik} = 0 \qquad (k = p, p+1, \ldots)$$

entraînent l'égalité

$$\sum_{i=1}^{\infty} \Xi_i (a_{ip}\xi_p^0 + a_{ip+1}\xi_{p+1}^0 + \ldots) = 0 \quad (^1).$$

---

(1) Voir S. MAZUR, *Studia Math.*, 2, 1930, p. 40-50; S. BANACH, *Théorie des opérations linéaires*, p. 90-95, Warszawa, 1932.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques équations aux dérivées partielles.* Note (1) de M. **N. Botea**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Reprenons l'équation

$$\Delta_n U = \begin{vmatrix} \frac{\partial}{\partial x_1} & \frac{\partial}{\partial x_2} & \cdots & \frac{\partial}{\partial x_n} \\ \frac{\partial}{\partial x_n} & \frac{\partial}{\partial x_1} & \cdots & \frac{\partial}{\partial x_{n-1}} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots\cdots \\ \frac{\partial}{\partial x_2} & \frac{\partial}{\partial x_3} & \cdots & \frac{\partial}{\partial x_1} \end{vmatrix} U = 0$$

avec les notations de notre précédente Note (2).

Nous nous proposons d'étudier quelques propriétés nouvelles de l'équation

$$\Delta_n U = 0.$$

2. Si les fonctions $(X_1, X_2, \ldots, X_n)$ sont des solutions du système (I), les fonctions

$$(X_2, X_3, \ldots, X_n, X_1), \quad (X_3, X_4, \ldots, X_1, X_2), \quad \ldots, \quad (X_n, X_1, \ldots, X_{n-1})$$

sont aussi des solutions du système (I), tandis que les fonctions

$$(X_n, X_{n-1}, \ldots, X_1), \quad (X_{n-1}, X_{n-2}, \ldots, X_1, X_n), \quad \ldots, \quad (X_1, X_n, \ldots, X_2)$$

sont des solutions du système (II).

Donc, si la fonction $U(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ est intégrale de l'équation $\Delta_n U = 0$, les fonctions

$$\begin{array}{ll} V_1(x_1, x_2, \ldots, x_n) = U(X_1, X_2, \ldots, X_n), & W_1(x_1, x_2, \ldots, x_n) = U(X_1, X_n, \ldots, X_2), \\ V_2(x_1, x_2, \ldots, x_n) = U(X_2, X_3, \ldots, X_1), & W_2(x_1, x_2, \ldots, x_n) = U(X_2, X_1, \ldots, X_3), \\ \cdots\cdots\cdots & \cdots\cdots\cdots, \\ V_n(x_1, x_2, \ldots, x_n) = U(X_n, X_1, \ldots, X_{n-1}), & W_n(x_1, x_2, \ldots, x_n) = U(X_n, X_{n-1}, \ldots, X_1) \end{array}$$

sont aussi des intégrales de l'équation $\Delta_n U = 0$.

---

(1) Séance du 27 décembre 1932.

(2) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 992.

3. Utilisons les notations

$$\Delta_l^{\alpha_1,\alpha_2,\ldots,\alpha_l}\mathrm{U} = \begin{vmatrix} \dfrac{\partial}{\partial x_{\alpha_1}} & \dfrac{\partial}{\partial x_{\alpha_2}} & \cdots & \dfrac{\partial}{\partial x_{\alpha_l}} \\ \dfrac{\partial}{\partial x_{\alpha_1-1}} & \dfrac{\partial}{\partial x_{\alpha_2-1}} & \cdots & \dfrac{\partial}{\partial x_{\alpha_l-1}} \\ \cdots\cdots & \cdots\cdots & \cdots & \cdots\cdots \\ \dfrac{\partial}{\partial x_{\alpha_1-l+1}} & \dfrac{\partial}{\partial x_{\alpha_2-l+1}} & \cdots & \dfrac{\partial}{\partial x_{\alpha_l-l+1}} \end{vmatrix}\mathrm{U}.$$

où $l \leqq n$ et où l'on convient de remplacer x_0 par x_n.

On vérifie aisément que les fonctions X_1, X_2, $\ldots$, X_n, intégrales des systèmes (I) ou (II), sont aussi des intégrales du système

(III) $$\Delta_2^{i,j}\mathrm{U} = 0 \qquad (1 \leqq i \leqq n,\ 1 \leqq j \leqq n).$$

Les relations

$$\Delta_l^{\alpha_1,\alpha_2,\ldots,\alpha_l}\mathrm{U} = \frac{\partial}{\partial x_{\alpha_1}}\Delta_{l-1}^{\alpha_2-1,\alpha_3-1,\ldots,\alpha_l-1}\mathrm{U} + \frac{\partial}{\partial x_{\alpha_2}}\Delta_{l-1}^{\alpha_3-1,\alpha_4-1,\ldots,\alpha_1-1}\mathrm{U} + \ldots + \frac{\partial}{\partial x_{\alpha_l}}\Delta_{l-1}^{\alpha_1-1,\alpha_2-1,\ldots,\alpha_{l-1}-1}\mathrm{U}$$

montrent que les fonctions X_1, X_2, $\ldots$, X_n sont aussi des intégrales du système général

(IV) $$\Delta_l^{\alpha_1,\alpha_2,\ldots,\alpha_l}\mathrm{U} = 0 \qquad (1 \leqq \alpha_i \leqq n).$$

Si l'on fait $l = n$, on obtient l'équation $\Delta_n \mathrm{U} = 0$. Si $n = 3$, on obtient un système étudié par M. J. Devisme ([1]).

4. Considérons n fonctions à une variable, dérivables :

$$f_1(t), \quad f_2(t), \quad \ldots, \quad f_n(t),$$

et considérons aussi les fonctions

$$\begin{aligned} u_1 &= x_1 + x_2 + \ldots + x_n, \\ u_2 &= x_1 + j_1 x_2 + \ldots + j_1^{n-1} x_n, \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ u_n &= x_1 + j_{n-1} x_2 + \ldots + j_{n-1}^{n-1} x_n, \end{aligned}$$

où $1, j_1, j_2, \ldots, j_{n-1}$ sont les racines de l'équation

$$j^n - 1 = 0.$$

([1]) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1550.

Les fonctions

$$\begin{aligned}
Y_1 &= f_1(u_1) + f_2(u_2) + \ldots + f_n(u_n),\\
Y_2 &= f_1(u_1) + j_{n-1} f_2(u_2) + \ldots + j_1 f_n(u_n),\\
Y_3 &= f_1(u_1) + j_{n-1}^2 f_2(u_2) + \ldots + j_1^2 f_n(u_n),\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,\\
Y_n &= f_1(u_1) + j_{n-1}^{n-1} f_2(u_2) + \ldots + j_1^{n-1} f_n(u_n)
\end{aligned}$$

sont des intégrales du système (I). Elles forment donc un système conjugué.

5. Tout monome en $X_1, X_2, \ldots, X_n$, de degré inférieur ou égal à n et ne figurant pas parmi les monomes constituant p, est une intégrale de l'équation $\Delta_n U = 0$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les rayons d'étoilement et de convexité de certaines fonctions.* Note de M. **J. Dieudonné**.

1. Soit $P(z)$ un polynome de degré n, dont toutes les racines sont extérieures au cercle unité $|z| < 1$.

M. Alexander a montré (1), en 1915, que le rayon d'étoilement minimum de la fonction $f(z) = zP(z)$ est égal à $r = 1/n+1$. Dans un Mémoire récent (2), M. Szegö vient de déterminer également le rayon de convexité minimum ρ de cette fonction.

2. Plus généralement, on peut se poser les mêmes problèmes pour la fonction

$$f(z) = z[P(z)]^{\frac{\alpha}{n}},$$

α étant un nombre réel arbitraire. On obtient les résultats suivants :

A. *Le rayon d'étoilement minimum r de la fonction*

$$f(z) = z[P(z)]^{\frac{\alpha}{n}}$$

a pour valeur

$$r = 1 \quad si \quad -2 \leqq \alpha \leqq 0,$$

$$r = \frac{1}{|\alpha+1|} \quad si \quad \alpha < -2 \quad ou \quad \alpha > 0.$$

B. *Si l'on pose $\mu = \alpha + 1$, le rayon de convexité minimum ρ de la fonction*

$$f(z) = z[P(z)]^{\frac{\alpha}{n}}$$

(1) J. W. Alexander, *Annals of Mathematics*, 17, 1915, p. 12-22.

(2) G. Szegö, *Acta lit. ac. scient. Univ. Hung. Franc. Jos.*, 5, 1932, p. 237-245.

a pour valeur

$$\rho = \frac{1-3\mu-\sqrt{(1-\mu)(1-5\mu)}}{2\mu^2} \qquad si \quad \mu < \mu_0,$$

$$\rho = \sqrt{\frac{\mu+(1+\mu)\sqrt{\frac{3-\mu}{1-\mu}}}{\mu+2+(1+\mu)\sqrt{\frac{3-\mu}{1-\mu}}}} \qquad si \quad \mu_0 \leqq \mu \leqq 1.$$

$$\rho = \frac{3\mu-1-\sqrt{(\mu-1)(5\mu-1)}}{2\mu^2} \qquad si \quad \mu > 1,$$

μ_0 *désignant la racine comprise entre* -1 *et* 0 *de l'équation*

$$5\mu^4-6\mu^3-33\mu^2-4\mu+2=0.$$

On a :

$$\mu_0 = -0{,}3301 \qquad \text{à } 0{,}0001 \text{ près.}$$

Pour $\alpha = n$, on retrouve les résultats de M. Alexander et de M. Szegö.

3. La méthode employée repose uniquement sur les propriétés classiques des fonctions bornées, et sur la remarque suivante : si $P(z)$ est un polynome de l'espèce envisagée, on a, à l'intérieur du cercle unité,

$$\frac{P'(z)}{P(z)} = \frac{n\zeta(z)}{z\zeta(z)-1},$$

$\zeta(z)$ étant holomorphe dans le cercle unité, et de module inférieur à *un*.

4. Dans un article récent [1], j'ai établi un résultat équivalent à la proposition suivante : *si n points du plan complexe* $x_1, x_2, \ldots, x_n$ *vérifient les inégalités*

$$|x_i - a| \leqq r,$$

a et r étant deux nombres positifs tels que $r \leqq a$, *on a*

$$\left| \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i^2}{\sum_{i=1}^{n} x_i} \right| \leqq a + r.$$

La méthode esquissée ci-dessus permet de compléter ce résultat et de

[1] J. Dieudonné, *Bull. Sc. math.*, 56, 1932, p. 176-178.

montrer, par exemple, que l'on a

$$\mathcal{R}\left\{\frac{\sum_{i=1}^{n} x_i^2}{\sum_{i=1}^{n} x_i}\right\} \geqq a - r \qquad \text{si } r \leqq \frac{a}{3},$$

$$\mathcal{R}\left\{\frac{\sum_{i=1}^{n} x_i^2}{\sum_{i=1}^{n} x_i}\right\} \geqq 2\left[\sqrt{2(a^2 - r^2)} - a\right] \qquad \text{si } r > \frac{a}{3}.$$

Les démonstrations paraîtront dans un autre recueil.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur les phénomènes électriques et thermomécaniques pendant l'allumage et la combustion dans un moteur à explosion.* Note (1) de M. **Tchang Te-Lou**, présentée par M. E. Jouguet.

Les circonstances qui accompagnent les phénomènes d'allumage et de combustion des mélanges tonnants ont fait l'objet de nombreuses recherches. En particulier, on connaît bien les variations de pression dues à la combustion et les conditions de la propagation de la flamme. Mais une comparaison critique entre les résultats des travaux de laboratoire effectués à l'aide d'appareils délicats et ceux qui sont obtenus avec les moteurs courants ne semble pas avoir été faite de façon précise.

Le but de cette Note est d'apporter une contribution dans cette voie en interprétant les particularités des diagrammes ordinaires d'indicateur au point de vue des phénomènes relatifs de l'allumage. J'ai fait ces observations au cours d'un travail effectué pour le service des Recherches de l'Aéronautique.

On est conduit, par l'examen des diagrammes, à fixer, dans la partie de la courbe correspondant à la combustion, trois points particuliers que nous appelons A, B, C.

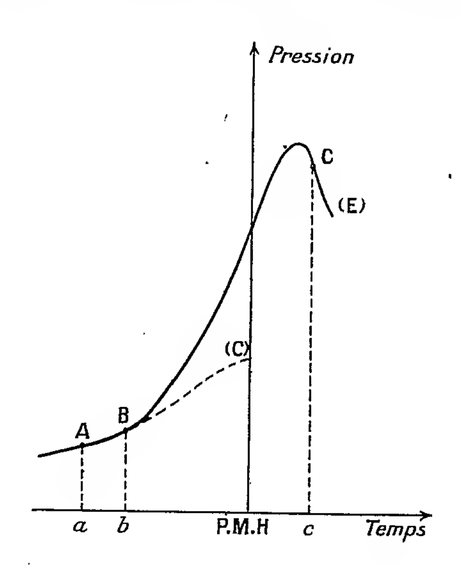
(1) Séance du 19 décembre 1932.

Le point A correspond à l'instant où fonctionne le mécanisme d'allumage.

Le point B marque le moment où l'augmentation de pression due à la combustion devient sensible.

Enfin, le point C correspond au commencement d'une détente régulière des gaz brûlés.

Je me propose uniquement ici d'étudier l'intervalle A. B.



Occupons-nous tout d'abord du point A. La production effective de l'étincelle ne se fait-elle pas avec certain retard par rapport à l'instant de fonctionnement du mécanisme d'allumage ? J'ai cherché à repondre à cette question en réalisant un dispositif à miroir tournant permettant de mesurer le décalage dans le temps entre l'instant de l'étincelle et l'instant de séparation des contacts du rupteur du primaire. J'ai constaté que, lorsque certaines précautions sont prises (réglage du circuit primaire, propreté des contacts), il y a un décalage très faible, de l'ordre de 1/10000e de seconde. Mais lorsque, par suite du fonctionnement continu du rupteur, les surfaces de contact ne sont plus nettes, il peut y avoir un retard de l'étincelle d'allumage sur la rupture, variable d'un cycle à l'autre, et dont la valeur peut atteindre 1/1000e de seconde.

Considérons maintenant le point B que nous avons défini comme le point où la courbe pression-temps ou pression-volume se détache d'une manière apparente de celle qui traduirait une compression sans combustion. L'ap-

proximation admise dans l'estimation de la pression étant de 100 g/cm², si l'on connait la vitesse de propagation de la flamme et si, d'autre part, on admet que la combinaison se fait instantanément, on peut déterminer, en s'appuyant sur les propriétés des gaz, l'instant t (théorique) auquel il serait possible de déceler l'augmentation de pression à partir de l'instant de l'étincelle. Or la vitesse de propagation de la flamme dans des conditions voisines de celles réalisées dans un moteur est actuellement connue. Il en résulte que si l'on constate une différence entre t et l'instant réellement observé de l'augmentation effective de la pression, cette différence est attribuable au développement, dans le temps, du phénomène chimique de la combinaison moléculaire. Or t calculé est au maximum décalé de 2 dix-millièmes de seconde sur l'instant de l'étincelle, tandis que l'instant de l'accroissement de pression est en retard sur lui de 2 millièmes de seconde environ. Je conclus donc, avec certitude, qu'il existe une période de combustion latente ne se traduisant par aucun phénomène perceptible d'ordre mécanique. Cette affirmation est en accord avec les expérimentateurs (comme M. Duchêne) qui ont filmé la propagation de la flamme, et, au contraire, en désaccord avec les diagrammes de M. Withrow et de ses collaborateurs, tels du moins que M. Grebel les a donnés.

En résumé, le retard dû à l'étincelle pouvant être rendu négligeable, il ne subsiste comme retard au développement de la pression dans un moteur qu'un phénomène moléculaire spécial, de précombustion, dont la *durée peut être décelée en partant de diagrammes à l'indicateur relevés à l'aide d'appareils ordinaires.*

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur certaines conditions de fonctionnement des paliers à billes.* Note [1] de MM. **Delfosse** et **Swyngedauw**, transmise par M. E. Jouguet.

Pour étudier l'action de la charge sur le couple de frottement absorbé par les paliers à billes, on fait tourner un arbre : a entre deux paliers, ou b entre quatre paliers, dont deux extrêmes, C, D, et deux autres intermédiaires, A, B, identiques, sur lesquels on exerce une traction *vers le bas.*

On admet généralement que :

1° *Dans l'expérience b, le couple de frottement sur les paliers intermédiaires* A *ou* B *est le même que sur les paliers extrêmes* C *ou* D ;

---

[1] Séance du 27 décembre 1932.

2° *Que pour les paliers* A, B, *le couple relevé à la balance sur leur bague externe dans l'expérience b est égal au couple sur leur bague interne dans l'expérience a, toutes conditions égales d'ailleurs.*

Nous avons nous-mêmes annoncé l'exactitude de cette dernière proposition dans une Note antérieure ([1]), d'après des expériences faites sur des paliers tout à fait secs sous très faible charge, graissés à la graisse consistante ou à l'huile.

Mais, en augmentant la précision de la méthode de mesure décrite dans la même Note ([1]), et opérant à des vitesses plus élevées, *nous avons constaté une inégalité très nette entre ces deux couples dans le cas des paliers graissés à l'huile.*

Le couple absorbé sur la bague *externe* de deux paliers A, B à deux rangées de billes portés par un arbre de 50^{mm} de diamètre tournant à 2000 t/min (expérience *b*) est de 39^{g} alors que pour cet arbre tournant entre les mêmes paliers (expérience *a*) le couple sur la bague *interne* est de 57^{g} dépassant le premier de 19^{g}, soit de 46 pour 100 de sa valeur sur la bague externe. Nous avons pensé que cette différence notable entre ces couples était attribuable à un effet analogue à celui qui rend inégaux les couples sur l'arbre et le coussinet des paliers à coin d'huile, mais ce n'est pas la seule cause agissante.

En effet, afin de comparer les couples dans des conditions aussi identiques et par des méthodes aussi précises que possible, nous avons fait : 1° l'expérience *b* avec des paliers extrêmes C, D entièrement à l'état sec et des roulements A, B graissés normalement à l'huile, qui ne sont soumis à aucune autre force que leur propre poids; 2° l'expérience *a* avec les mêmes paliers C, D qui n'absorbent alors qu'un couple de frottement de 3 à 4^{g}. Nous obtenons indirectement le couple C_i, absorbé sur la bague interne de A, B dans l'expérience *b*, en retranchant du couple total relevé à la lame dynamométrique dans cette expérience le couple relevé à la lame dans l'expérience *a* faite avec les paliers C, D et qu'on a majoré de 2^{g} pour tenir compte de la charge supplémentaire de ces paliers dans l'expérience *b*.

La comparaison du couple C_i ainsi mesuré à la lame sur la bague interne de A, B (expériences *a* et *b*) au couple relevé directement à la lame dans l'expérience *a* sur les mêmes paliers A, B et au couple sur la bague externe mesuré à la balance dans l'expérience *b* montre :

1° Que dans l'expérience *b* le couple C_i sur la bague interne dépasse net-

([1]) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1792.

tement d'environ 20 pour 100 à 2000 t/min le couple sur la bague externe, ce qui semble démontrer l'effet de coin d'huile.

2° Que le couple C relevé directement sur la bague interne des paliers A, B *dans l'expérience a* dépasse nettement d'environ 20 pour 100 le couple C_i mesuré indirectement sur la bague interne des mêmes paliers A, B dans l'expérience *b*.

En analysant les conditions de fonctionnement des paliers A, B dans ces deux expériences, nous fûmes conduits à *attribuer cet écart à une différence dans le mode d'application de la charge aux billes*.

Dans l'expérience *a*, l'arbre repose *sur* les paliers et exerce une pression supplémentaire sur les billes de la partie *inférieure*, où l'huile est plus abondante, tandis que dans l'expérience *b*, l'attraction que le poids des paliers exerce sur A, B surcharge les billes de la partie *supérieure* et soulage celles de la partie inférieure des paliers. Le film d'huile qui recouvre les billes surpressées dans la première expérience, est refroidi à chaque instant par la masse d'huile et le frottement qui en résulte est plus grand que lorsque les billes surpressées sont à la partie supérieure où le film d'huile n'est pas refroidi aussitôt par la masse d'huile, mais seulement après une demi-révolution des billes autour de l'arbre; de sorte que la couche d'huile qui enveloppe les billes dans ce dernier cas se trouve nécessairement à une température notablement plus élevée que dans le premier, d'où il résulte un coefficient de frottement notablement plus faible, car la viscosité diminue rapidement quand la température s'élève.

Pour contrôler cette explication, nous avons relevé le température de la partie supérieure des paliers A, B dans les deux expériences, et constaté que, lorsqu'ils sont tracteurs (expérience *b*), cette température est nettement plus élevée que lorsqu'ils sont porteurs (expérience *a*) *quoique la chaleur totale dégagée par le frottement soit dans ce dernier cas nettement plus grande que dans le premier*.

En résumé, les hypothèses exprimées au début de cette Note sont exactes pour les roulements à billes à sec ou lubrifiés à la graisse consistante, et sont inexactes s'ils sont graissés à l'huile.

Dans ce dernier cas. lorsqu'un arbre tourne entre quatre paliers à billes identiques, dont deux extrêmes sur lesquels il repose et deux intermédiaires sur lesquels on exerce une traction *vers le bas*, le couple de frottement dans ces derniers est inférieur d'environ 28 pour 100 à celui absorbé dans les premiers.

Le couple de frottement sur l'arbre est supérieur de 20 pour 100 environ au couple sur la bague externe mesuré à la balance.

GÉODÉSIE. — *Étude d'un pendule élastique sensible. Contribution à l'établissement du réseau gravimétrique français.* Note (¹) de M. **F. Holweck**, présentée par M. Perrier.

Le 20 juillet 1932, un pendule élastique d'un modèle précédemment décrit a été terminé. Sa sensibilité est à Paris 180 fois environ celle du pendule ordinaire. La période de cet instrument est mesurée en pointant la 50ᵉ, la 75ᵉ et la 100ᵉ oscillation au moyen d'un chronographe Nardin à dédoublante, battant et inscrivant le dixième de seconde. Une mesure comprend généralement 8 séries de 10,5 minutes, soit 50 lectures du chronomètre. L'écart probable moyen en 72 stations est de 0,3 milligal (1 milligal $= 1.10^{-3}$ C. G. S.). L'opération demande en tout 2 à 3 heures, y compris le montage et le démontage de l'appareil.

Pendant le mois d'août 1932, on a mesuré les constantes de cet appareil. Le coefficient de température a été déterminé par 310 mesures, échelonnées entre 10° et 28° faites, soit à Paris, soit à La Barbère (Orne). Ce coefficient correspond à une variation du module élastique de $6{,}0.10^{-6}$ par degré aux environs de 18° et de $4{,}8.10^{-6}$ aux environs de 10°. Les observations sont ramenées à 18°,5. Le coefficient d'amplitude, déterminé par une moyenne de plus de 1000 mesures, est petit, la période ne change que de 2.10^{-3} lorsque l'amplitude initiale passe de plus de 2° à 20′. Les périodes qui suivent sont les périodes moyennes du pendule effectuant 100 oscillations entières à partir d'une amplitude toujours la même. Le coefficient de position est nul, l'origine des oscillations étant dans le plan de symétrie pour lequel la période est maximum.

On a étudié sur cet instrument la fidélité en fonction du temps et des transports. Le module élastique de la lame varie lentement en fonction du temps suivant une loi exponentielle. Cette loi s'exprime par la formule : $c = c_\infty(1 - 1/10^{a(t-t_0)})$, dans laquelle c_∞ est la valeur de la correction limite, a est un coefficient, t est l'époque de la mesure comptée en jours depuis l'origine t_0. Pour le pendule 42 : $C_\infty = 3^s{,}2$; $a = 0{,}0049$; $t_0 =$ 23 juillet 1932.

Pour déterminer avec précision cette correction, j'ai fait, pendant 5 mois consécutifs, des mesures croisées en 4 stations différentes : Paris,

(¹) Séance du 27 décembre 1932.

220 mesures, Gacé (Orne), 45 mesures, Couterne (Orne), 76 mesures, La Barbère (Orne), 277 mesures (voir le tableau).

Comme entre le 21 et le 25 juillet, le pendule a fait 1500^{km} en chemin de fer (posé dans le filet sur un coussin pneumatique); puis pendant les mois d'août, septembre, octobre et novembre, plus de 7000^{km} en automobile (suspendu dans la voiture par l'intermédiaire d'une suspension élastique assortie), on voit que *les transports sont sans aucune influence sur les constantes de l'instrument*, à une fraction de milligal près.

L'étalonnage de l'instrument a été fait en utilisant les mesures de Defforges faites à Paris (Pavillon de Breteuil, 1888), $g = 980,941$; Lyon (Observatoire de Saint-Genis-Laval, 1885), $g = 980,629$, soit 627 où j'ai opéré et Dunkerque (Rosendaël, 1889), $g = 981,170$, soit 981,168 à l'église Saint-Éloi où le P. Lejay a opéré. La formule que donne la théorie élémentaire du pendule inversé : $g = g_0 - K/T^2$ dans laquelle g_0 et K sont les constantes de l'instrument, et T la période, s'applique très bien, aux erreurs expérimentales près, aux nombres précédents. En faisant $g_0 = 986,4301$ et $k = 221,0$ les résidus sont : pour Dunkerque, 0,3 milligal; pour Paris, + 1 milligal; pour Lyon, — 1 milligal. J'ai vérifié cet étalonnage à l'Observatoire d'Uccle (Belgique), l'accord est excellent avec le nombre trouvé par M. Vening Meinesz (1925), à un demi-milligal près.

Le tableau suivant donne la valeur g de la gravité mesurée en différents lieux, T_c est la valeur corrigée de la période du pendule. A est l'altitude du lieu, δ est la densité moyenne admise, $g''_0 - g$ est la correction de Bouguer, λ_g la latitude en grades, γ_0 la valeur de la gravité au niveau de géoïde calculée au moyen de la formule d'Helmert (1901), $g''_0 - \gamma_0$ est l'anomalie, n est le nombre de mesures, ε_p est l'erreur probable exprimée en milligal.

Dates et lieux.		T_c.	g.	Alt.	δ.	$g''_0 - g$.	λ_g.	γ_0.	$g''_0 - \gamma_0$.	n.	ε_p.
				m			G				
21.7.	Paris	6,3476	980,945	56	2,3	12	54.27	980,963	— 6	–	–
23.7.	Lyon	6,1706	980,627	296	2.3	60	50.76	980,678	+ 9	12	0,4
24.7.	Bassy	6,1612	980,6085	56	2,4	13	50.03	980,619	+ 1,5	8	0,6
28.7.	Paris	6,3476	980,945	56	2,3	12	54.27	980,963	— 6	36	0,3
9.8.	La Barbère	6,3234	980,903	205	2,6	40,5	53,97	980,939	+ 4,5	39	0,2
15.8.	La Grange	6,2854	980,8355	146	2,4	30,5	52.98	980,8595	+ 6,5	45	0,3
22.8.	Roche Bagnoles	6,3253	980,9055	205	2,6	39,5	53.95,5	980,938	+ 7	20	0,8
24.8.	Couterne	6,3319	980,9175	126	2.6	25,0	53.90,5	980,934	+ 8,5	35	0,3
27.8.	Gacé	6,3377	980,927	210	2,5	42,5	54.21	980,9585	+11	27	0,3
1.9.	La Barbère	6,3231	980,902	205	2,6	40,5	53.97	980,939	+ 3,5	200	0,2
29.8.	Couterne	6,3330	980,9195	126	2,6	25,0	53.90,5	980,934	+10,5	23	0,2

Dates et lieux.	T_c.	g.	Alt.	δ.	$g''_0 - g$.	λ_g.	γ_0.	$g''_0 - \gamma_0$.	n.	ε_g.
			m			G				
9.9. Paris	6,3476	980,945	56	2,3	12	54.27	980,963	— 6	93	0,3
8.9. Meudon	6,3321	980,918	163	2,3	34,5	54.22	980,959	— 6,5	30	0,3
8.9. Breteuil	6,3458	980,942	70	2,3	15	–	980,962	— 5	26	0,3
11.9. Évreux	6,3530	980,9545	66	2,4	14	54.47	980,979	—11,5	24	0,3
15.9. Dreux	6,3391	980,930	90	2,4	19	54.15	980,9535	— 4,5	17	0,5
15.9. Gacé	6,3373	980,927	210	2,5	42,5	54.21	980,9585	+11	18	0,2
16.9. La Barbère	6,3231	980,902	205	2,6	40,5	53.97	980,939	+ 3,5	15	0,2
17.9. Alençon	6,3157	980,889	135	2,5	27,5	53.81	980,926	— 9,5	18	0,3
19.9. Couterne	6,3320	980,9175	126	2,6	25	53.90,5	980,934	+ 8,5	18	0,3
19.9. Pré-en-Pail	6,3163	980,890	228	2,6	45	53.84,5	980,929	+ 6	20	0,6
21.9. La Barbère	6,3234	980,902	205	2,6	40,5	53.97	980,939	+ 3,5	20	0,3
21.9. Mayenne	6,3196	980,896	121	2,6	24	53.68	980,916	+ 4	17	0,3
22.9. Flers	6,3347	980,9225	216	2,6	42,5	54.17	980,955	+ 9,5	24	0,2
23.9. Domfront	6,3260	980,907	198	2,6	39	53.98	980,9405	+ 5,5	15	0,3
23.9. Saint-Denis-sur-Sarthon	6,3181	980,893	103	2,6	38	53.84	980,928	+ 2,5	3	1,5
23.9. Condé-sur-Sarthe	6,3143	980,8865	145	2,5	29,5	53.81,5	980,926	—10	8	0,4
24.9. Argentan	6,0409	980,933	167	2,5	34	54.16,5	980,955	+12	20	0,2
25.9. Sées	6,3322	980,918	190	2,5	38,5	54.05	980,942	+14,5	21	0,3
26.9. Forges	6,3196	980,896	177	2,5	36	53.90	980,933	— 1	9	0,5
27.9. La Barbère	6,3235	980,903	205	2,6	40,5	53.97	980,939	+ 4,5	29	0,2
27.9. Couterne	6,3317	980,917	126	2,6	25	53.90,5	980,934	+ 8	21	0,3

GÉODÉSIE. — *Établissement de la carte gravimétrique du nord de la France.* Note (¹) de M. **P. Lejay**, présentée par M. Perrier.

Le gravimètre Holweck-Lejay n° 42 m'a été remis le 1er octobre. Son étalonnage, son coefficient de température, la variation lente de sa période en fonction du temps avaient été déterminés par M. Holweck avec une grande précision. J'ai pensé qu'il serait utile de démontrer expérimentalement la possibilité d'établir rapidement, avec ce type d'instrument, un réseau gravimétrique étendu et précis.

Quarante mesures ont été faites en deux mois (octobre et novembre) coupés de plusieurs semaines d'inactivité. La distance moyenne de deux stations est de 40km. Il n'a pas été toujours possible, dans le temps très court dont je disposais dans chaque localité, de trouver un pilier très stable ou à l'abri de toute cause de trépidation; j'ai préféré dans certains cas effectuer une mesure, même médiocre ($\mp$ 2 milligals), que de supprimer une station. Ce fut notamment le cas de Douai, où était faite la troisième détermination dans une même journée.

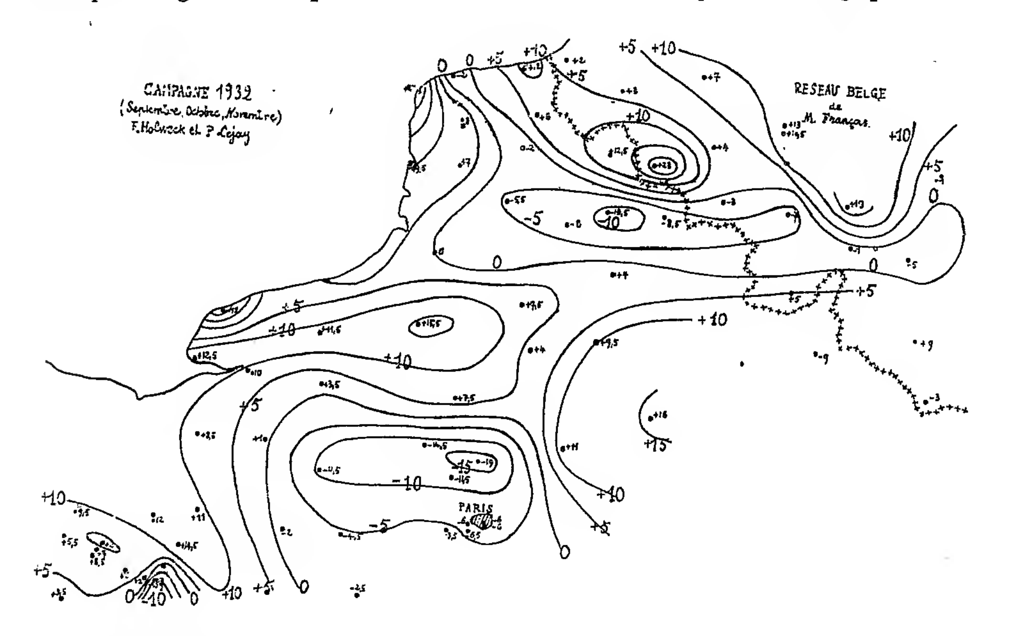
(¹) Séance du 27 décembre 1932.

De loin en loin des retours à Paris ont permis de constater qu'au cours des 7000^{km} parcourus en voiture sur les routes pavées du Nord, le pendule n'a subi aucune altération.

Date et lieu.	T_c.	g.	Alt.	δ.	$g''_0 - g$.	λ_c.	γ_0.	$g''_0 - \gamma_0$.	n.	ε_p.
1.10. Paris	6,3476	980,945	56^m	2,3	12	54°.27'	980,963	− 6	37	0,3
4.10. Le Touquet	6,4525	980,122	7	2,4	2	56.13,5	981,113	+11	15	0,5
5.10. Saint-Pol	6,4252	980,0765	87	2,2	18	55.98	981,100	− 5,5	24	0,4
6.10. Rimeux-Gournay	6,4315	980,087	167	2,2	36	56.17	981,116	+ 7	24	0,2
6.10. Trézennes	6,4495	980,117	21	2,2	4	56.26	981,123	− 2	24	0,2
7.10. Cassel	6,4423	980,105	181	2,3	39	56.44,5	981,138	+ 6	14	0,7
7.10. Dunkerque, phare	6,4830	980,172	4	2,3	1	56.72	981,160	+13	4	2,0
7.10. » , église	6,4804	980,1685	6	2,3	1	56.71	981,159	+10,5	8	1,1
8.10. Le Touquet	6,4505	980,1185	7	2,4	2	56.13,5	981,113	+ 7,5	17	0,4
9.10. Brunembert	6,4521	980,121	80	2,4	17	56.35	981,130	+ 8	15	0,4
10.10. Abbeville	6,4235	980,074	8	2,3	2	56.67	981,076	0	18	0,4
11.10. Lille	6,4568	980,1295	21	2,3	5	56.25	981,122	+12,5	21	0,3
11.10. Arras	6,4198	980,068	97	2,2	21	55.93	981,097	− 8	18	0,2
11.10. Douai	6,4280	980,0815	24	2,2	5	55.97	981,100	−13,5	18	0,5
12.10. Valenciennes	6,4312	980,0865	24	2,3	5	55.97	981,100	− 8,5	24	0,3
13.10. 15 Rav. Cem.	6,4089	980,0495	127	2,2	27,5	55.64	981,073	+ 4	24	0,2
13.10. Villers-Bretonneux	6,4037	980,041	107	2,2	23,5	59.43,5	981,057	+ 7,5	21	0,4
16.10. Paris	6,3470	980,944	56	2,3	12	54.27	980,963	− 7	30	0,3
23.10. Pontoise	6,3584	980,9635	31	2,3	6	54.49,5	980,981	−11,5	29	0,1
28.10. Versailles	6,3390	980,930	121	2,3	26,5	54.22,5	980,960	− 3,5	23	0,1
30.10. Aumale	6,3991	981,033	131	2,2	28,5	55.29,5	981,046	+15,5	13	0,6
31.10. Yport	6,3895	981,017	66	2,2	14	55.26	981,043	−12	24	0,2
31.10. Dieppe	6,4142	981,058	33	2,2	7	55.47	981,060	+ 5	24	0,4
1.11. Tôtes	6,3881	981,0145	159	2,2	35	55.20	981,038	+11,5	11	0,4
2.11. Rouen	6,3898	981,0175	17	2,2	3	54.94	981,017	+ 3,5	24	0,4
7.11. Chartres	6,3171	980,8915	152	2,2	33	53.82,5	980,927	− 2,5	24	0,3
9.11. Paris	6,3476	980,945	56	2,3	12	54.27	980,963	− 6	19	0,3
11.11. Uccle	6,4577	981,1305	102	2,1	21	56.44	981,137	+14,5	21	0,5
14.11. Verneuil	6,3299	980,914	178	2,2	37,5	54.15	980,953	− 2	25	0,3
15.11. La Rivière-Tibouville	6,3658	980,9765	65	2,2	14,5	54.60,5	980,990	+ 1	24	0,2
15.11. Lisieux	6,3734	980,9895	42	2,2	9	54.60,5	980,990	+ 8,5	24	0,2
16.11. Quillebeuf	6,3954	981,027	7	2,2	2	54.97	981,019	+10	24	0,3
17.11. Le Havre	6,3930	981,023	53	2,2	11,5	55.00,5	981,022	+12,5	25	0,2
24.11. Bouconvillers	6,3540	980,956	102	2,3	21,5	54.63,5	980,992	−14,5	21	0,3
25.11. Beauvais	6,3843	981,008	70	2,4	15	54.92,5	981,0155	+ 7,5	25	0,3
26.11. Beaumont	6,3562	980,960	52	2,3	11	54.60,5	980,990	−19	10	0,6
26.11. Crépy-en-Valois	6,3732	980,989	95	2,3	20	54.70	980,998	+11	7	0,5
28.11. Ham	6,4018	981,0375	65	2,2	14	55.25	981,042	+ 9,5	18	0,3
29.11. Davenescourt	6,3964	981,0285	71	2,2	15,5	55.23	981,040	+ 4	19	0,4
29.11. Vailly-sur-Aisne	6,3880	981,014	70	2,3	15	54.89	981,013	+16	18	0,4
11.12. Fontainebleau	6,3243	980,903	81	2,3	18	53.78	980,921	− 2,5	21	0,2

Le tableau ci-dessus donne, en conservant les notations de la précédente Note, la liste de mes observations.

La carte suivante résume nos mesures. On y a porté les anomalies, en milligals; les isanomales sont tracées de 5 en 5 milligals. On remarquera que les valeurs trouvées par M. Holweck dans le sud-ouest de la région parcourue se raccordent parfaitement avec les miennes, tandis qu'au nord-est les isanomales tracées à partir de mes observations sont venues exactement prolonger celles que M. François avait établies pour la Belgique.



De cette campagne on peut conclure qu'il est possible à un seul observateur sans aide de faire sans fatigue exagérée une station par jour, compte tenu des périodes de repos, et sans organisation spéciale, à condition toutefois de disposer d'un moyen de transport rapide.

En prenant le temps de choisir un très bon pilier, et en prolongeant un peu les séries, la précision atteinte est supérieure au milligal (voir les diverses mesures faites à Paris). On pourrait donc tracer les isanomales de milligal en milligal et par suite mesurer indirectement les *gradients* avec la même précision que par le procédé direct, avec un instrument extrêmement maniable.

Signalons enfin que l'impossibilité théorique d'obtenir une précision supérieure à 10^{-7} dans les mesures de gravité, avec le pendule ordinaire (le jour sidéral n'étant pas défini à $0,5.10^{-7}$ près) se trouve levée, et de ce

chef des possibilités nouvelles s'ouvrent aux géodésiens, notamment celle de déterminer les variations de la gravité avec le temps, en un lieu déterminé.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *L'équation d'onde sur la surface logarithmique de Riemann.* Note de M. S. **Soboleff**, présentée par M. Hadamard.

L'objet de la présente Note est la résolution de l'équation d'onde

$$\frac{\partial^2 u}{\partial \rho^2} + \frac{1}{\rho}\frac{\partial u}{\partial \rho} + \frac{1}{\rho^2}\frac{\partial^2 u}{\partial \varphi^2} = \frac{1}{a^2}\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}, \tag{1}$$

sur la surface de Riemann R à deux points de ramification du type logarithmique, à l'origine et à l'infini, avec conditions initiales données. Les données initiales doivent être bornées et continues dans chaque cercle ayant son centre à l'origine, sur tous les feuillets de la surface R. On suppose que la solution doit être aussi bornée au voisinage de l'origine.

Nous utiliserons notre méthode de la variable complexe [voir nos Notes dans les *Comptes rendus* (1) et notre Mémoire sur ce sujet (2)]. Dans ce qui suit, il nous est plus commode d'introduire au lieu de la variable θ de la Note ci-dessus une nouvelle variable z liée aux variables indépendantes du problème par la relation

$$\left\{\begin{aligned} &at_1 - \left(z + \frac{1}{z}\right)\rho\cos\varphi + i\left(z - \frac{1}{z}\right)\rho\sin\varphi = 0;\\ &t_1 = t + \frac{\rho_0}{2a}\left(\frac{e^{i\varphi_0}}{\zeta} + \frac{\zeta}{e^{i\varphi_0}}\right), \end{aligned}\right. \tag{2}$$

où ζ est un paramètre complexe arbitraire et ρ_0, φ_0 les coordonnées polaires d'un point. Avec cette variable, construisons une certaine solution fondamentale de l'équation (1)

$$w(t, \rho, \varphi; \rho_0, \varphi_0; \zeta) = \log\left(\frac{1}{i}\log z - \frac{1}{i}\log\zeta\right). \tag{3}$$

Cette solution dépend de trois paramètres ρ_0, φ_0 et ζ. Le trait essentiel de notre méthode est le fait que l'intégration de la solution (3) par rapport

(1) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1437 et 1797.

(2) *Publ. Institut séismologique de l'Acad. Sc. de l'U. R. S. S.*, n° 20, 1932, p. 1.

à ζ le long d'un certain contour C nous donne, pour $at < \rho + \rho_0$, la solution connue de l'équation (1) donnée par M. Volterra avec centre au point (ρ_0, φ_0) situé sur un feuillet de la surface R. Cette solution a la forme

$$(4) \quad \begin{cases} W = \log \left| \dfrac{at}{\sqrt{\rho^2 + \rho_0^2 - 2\rho\rho_0 \cos(\varphi - \varphi_0)}} - \sqrt{\dfrac{a^2 t^2}{\rho^2 + \rho_0^2 - 2\rho\rho_0 \cos(\varphi - \varphi_0)} - 1} \right|, \\ \qquad \text{si} \quad |\varphi - \varphi_0| \leqq \pi, \\ W = 0, \qquad \text{si} \quad |\varphi - \varphi_0| \geqq \pi. \end{cases}$$

Ayant la représentation de cette solution par une intégrale curviligne, nous obtenons facilement son prolongement pour toutes les valeurs de t. Appliquant alors la théorie générale de M. Volterra, nous obtenons la solution du problème avec conditions initiales arbitraires. Malgré la présence du point logarithmique, cette application sera possible, parce que la diffraction de la solution de M. Volterra nous donne une fonction qui diminue assez rapidement sur les feuillets éloignés de la surface R.

Nous allons donner la représentation de la fonction W.

$$(5) \qquad W = \log |\log\rho_0 - \log\rho + i(\varphi_0 - \varphi)| - \text{Partie réelle} : \left\{ \frac{1}{2\pi i} \int_C w(\zeta) \frac{d\zeta}{\zeta} \right\}.$$

Le contour C est un contour fermé fixe du plan de ζ; mais sur ce contour se trouvent les points de ramification de la fonction $w(\zeta)$ et pour certaines valeurs de ρ, φ et t, ce contour peut ne pas être fermé sur la surface de Riemann de la fonction $w(\zeta)$. Nous définirons plus exactement ce contour dans le cas $\rho < at - \rho_0$, $at > \rho_0$.

Ces inégalités déterminent une région sur la surface de Riemann R dans laquelle nous aurons les perturbations de diffraction. Pour ce cas, le contour C est constitué par la circonférence C_1

$$(6) \qquad |\zeta| = 1, \qquad \varphi_0 - \pi \leqq \arg\zeta \leqq \varphi_0 + \pi$$

et par le contour C_2 qui commence en point $-e^{i\varphi_0}$ et entoure ensuite le segment

$$(7) \qquad \arg\zeta = \varphi_0 - \pi, \qquad \left[\frac{at + \rho}{\rho_0} - \sqrt{\left(\frac{at + \rho}{\rho_0}\right)^2 - 1} \right] \leqq |\zeta| \leqq 1,$$

dans le sens positif. La valeur initiale de la fonction $w(\zeta)$ sur la circonférence C_1 est déterminée par la condition

$$(8) \qquad w(e^{i(\varphi_0 - \pi)}) = \log \left\{ \varphi - \varphi_0 + \pi - i \log \left[\frac{at_1}{\rho} - \sqrt{\frac{a^2 t_1^2}{\rho^2} - 1} \right] \right\}.$$

La valeur initiale sur le contour C_2 est

$$(9)\qquad w(-e^{i\varphi_0}) = \log\left\{\varphi - \varphi_0 - \pi + i\log\left[\frac{at_1}{\rho} - \sqrt{\frac{a^2t_1^2}{\rho^2} - 1}\right]\right\}.$$

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude du mode de corrosion et de la susceptibilité corrosive des métaux par la diffusion de la lumière.* Note (¹) de M. **François Canac**, présentée par M. Jean Perrin.

I. Il est facile de reconnaître par un simple coup d'œil si une surface métallique est nette ou corrodée. La surface corrodée est plus mate; elle diffuse davantage la lumière. Nous avons soumis à des mesures précises cet effet de diffusion que nous percevons grossièrement par nos sens. Le métal dont on prenait un échantillon à surface plane était soumis à une série de bains successifs dans un liquide corrodant; après chaque bain, il était lavé et brossé pour faire disparaître les produits de la corrosion. Puis la surface considérée était éclairée par un faisceau parallèle et sous une incidence

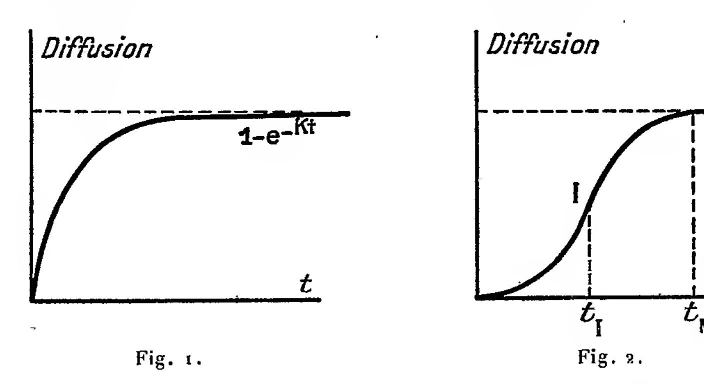


Fig. 1. Fig. 2.

constante (30°) et, avec un photomètre (de Blondel), on mesurait l'intensité de la lumière diffusée sous un angle déterminé (15°).

On traçait ainsi la courbe de l'intensité de la lumière diffusée en fonction du temps d'attaque.

La diffusion augmente pour tous les échantillons avec le temps, puis tend vers une limite. Mais les courbes sont de deux types. Ou bien elles ont l'allure d'une exponentielle et tournent leur concavité vers le bas (*fig.* 1), ou bien elles ont d'abord une allure parabolique avec concavité vers le

(¹) Séance du 19 décembre 1932.

haut (*fig.* 2), puis après un point d'inflexion I la diffusion tend vers une limite comme précédemment. La forme de la courbe caractérise évidemment le mode d'attaque et le temps t_M, au bout duquel on atteint pratiquement le palier, dépend de la susceptibilité corrosive du métal.

II. On peut se proposer de trouver cette relation.

Supposons que le métal soit attaqué par points successifs sans que la corrosion se propage autour de ces points. Le nombre de piqûres ainsi produites pendant le temps dt est proportionnel à la surface disponible; soit S la surface du métal considérée et s la portion de cette surface déjà attaquée, on a

$$\frac{ds}{dt} = K(S - s),$$

d'où

$$s = S(1 - e^{-Kt}). \tag{1}$$

La diffusion étant proportionnelle à l'étendue de la surface corrodée, ce mode d'attaque conduit aux courbes du type de la figure 1.

Supposons maintenant que la corrosion débute en des points dont le nombre reste invariable par la suite et qu'elle progresse autour de ces points avec une vitesse constante. Il se formera alors des taches circulaires dont la surface sera proportionnelle au carré des temps. La courbe de diffusion sera donc au début une parabole comme il est indiqué dans la figure 2. Puis, les cercles empiétant les uns sur les autres, la diffusion diminuera pour rester constante quand toute la surface disponible sera corrodée.

La position du point d'inflexion sur la courbe dépendra donc du genre de distribution des points d'attaque sur la surface.

Supposons une distribution régulière formant un réseau à maille carrée de côté a. Les cercles ayant pour centre les quatre sommets d'un carré élémentaire seront tangents à l'instant $t_I = a/2v$, v étant la vitesse linéaire d'accroissement de la corrosion. Le carré sera entièrement recouvert au temps $t_M = a/v\sqrt{2}$, donc

$$\frac{t_I}{t_M} = 0,70.$$

Supposons enfin une distribution au hasard : soient S la surface de la plaque et $s = v^2 t^2$ la surface d'un cercle au temps t. La probabilité pour qu'un cercle déterminé empiète sur un autre est s/S, et pour qu'il ne le touche pas est $1 - s/S$. S'il y a N points sur la surface, les probabilités

de non-contact entre deux cercles étant indépendantes, la probabilité totale sera [1]

$$\left(1 - \frac{s}{S}\right)^N = \left(1 - n\frac{s}{N}\right)^N,$$

n étant le nombre de cercles par unité de surface : $n = N/S$.

Elle tend vers e^{-ns} si N est très grand. La surface attaquée est alors proportionnelle à $1 - e^{-ns}$, c'est-à-dire à $1 - e^{-Kt^2}$.

Ceci donne bien une courbe de diffusion du type de la figure 2. Le calcul montre alors que le rapport des abscisses du point d'inflexion et du point dont l'ordonnée diffère de 1/100e de la valeur asymptotique est $t_I/t_M = 0,32$.

III. Les aciers inoxydables traités par le bain : 100^{cm^3} d'eau, 20^{cm^3} d'acide sulfurique ont donné des courbes du premier type.

Les alliages légers traités par le bain : 100^{cm^3} de soude au 3/10e et 15^{cm^3} de H^2O^2 à 100 volumes ont donné des courbes du second type, et le rapport t_I/t_M a été trouvé précisément égal à 0,70 pour le duralumin sans cuivre et à 0,33 pour le duralumin normal.

Enfin l'ordre des alliages d'après les valeurs décroissantes de t_M est :

Aciers : métal Monel (31 heures), austénite au chrome (10 heures), acier inoxydable au chrome (4 heures), ferrite au chrome (3 heures), fer pur (2 heures).

Alliages légers : duralumin sans cuivre (5 minutes 30 secondes), métal Vedal (3 minutes), duralumin normal (1 minute 36 secondes).

Ce classement dû aux mesures faites par M. Granveaud est en excellent accord avec celui obtenu par des méthodes beaucoup plus longues et moins nettes comme, par exemple, la perte de poids.

MÉTALLURGIE. — *Composition et mode d'emploi de flux assurant la protection du métal, son affinage et l'élimination des chlorures dans la fonderie du magnésium.* Note [2] de MM. **R. de Fleury** et **A. Caillon**, présentée par M. Matignon.

Cette Note résulte de travaux entrepris sur l'initiative et avec le concours du Service des recherches de l'Aéronautique, en vue de mettre au point une méthode industrielle économique de fusion et de coulée du magnésium

---

(1) Ce dernier calcul nous a été indiqué par M. Francis Perrin.

(2) Séance du 5 décembre 1932.

et de ses alliages. Le problème consistait dans la recherche des flux réalisant la protection du métal pendant la fusion, son affinage à l'état liquide et sa protection pendant la coulée, sans entraînement dans les pièces, comme dans toutes les méthodes existantes, de particules de chlorures, amorces de corrosions ultérieures. *Quelque paradoxe réside en effet, dans la nécessité, d'une part d'employer le* $MgCl^2$ *pour entraîner la magnésie, et d'autre part, la nécessité d'en éliminer les moindres traces dans les pièces coulées.*

Nos premières observations en atelier nous avaient conduits à considérer comme fondamentale la faculté de jouer sur la viscosité des flux protecteurs. Nos remarques avaient motivé des études préliminaires, qui ont fait l'objet d'une précédente Note [1], sur les viscosités des flux à base de B^2O^3. Les résultats ont permis la mise au point industrielle d'une méthode qui donne d'excellents résultats, confirmés par deux ans de pratique. Elle comporte l'emploi successif de trois flux :

1° Le métal est fondu sous 0,5 à 5 pour 100 de son poids d'une couche très fluide et de très faible densité *de flux de base*, à rôle uniquement protecteur et de composition suivante connue (carnalite sodique) :

$MgCl^2$	60 pour 100
NaCl	40 »

2° Après fusion, un *flux correctif* (20 pour 100 en poids du flux de base) rend le mélange des deux flux suffisamment dense et visqueux, pour décanter par brassage mécanique, en entraînant par collage en quelque sorte, toutes les impuretés, dont le chlorure et la magnésie. Sa composition peut être : soit

MgF^2	50 pour 100
B^2O^3	50 »

soit

MgF^2	35 pour 100
BaF^2	15 »
B^2O^3	50 »

Le mélange des deux fluorures facilite la décantation.

Cet affinage a lieu entre 720 et 750° *et élimine toute trace de chlorure*. C'est la première originalité de la méthode. Le bain est saupoudré de soufre en

---

(1) HARDOUIN, COCHET, et DE FLEURY, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2143.

fleur et de NH^4F^2H pour éviter l'inflammation pendant la durée très courte de l'affinage.

3° La protection superficielle du métal, qui doit reposer 20 à 25 minutes avant coulée, est assurée *par un flux de coulée* peu dense, exempt de chlorure, de composition *rigoureuse :*

B^2O^3	15 pour 100
$B^4O^7Na^2$	85 »

C'est la deuxième originalité de la méthode.

Ce flux doit être préparé avec des produits *strictement anhydres*. D'abord fluide, il devient visqueux vers 850° et forme au moment de la coulée une pellicule solide qui résiste à tout entraînement par le métal. Sa viscosité peut d'ailleurs être augmentée par une légère addition de B^2O^3 en poudre.

Cette méthode supprime toute présence de $MgCl^2$ dans les pièces, donc toute amorce de corrosion locale. Tout au plus, si la viscosité du flux de coulée est mal réglée, peut-il se produire un léger entraînement de ce dernier, mais ce n'est là qu'une impureté passive sans action dégradante sur le métal.

GÉOLOGIE. — *Sur quelques gîtes minéraux des îles Saint-Pierre et Miquelon.* Note de M. E. **Aubert de La Rüe.**

Les navigateurs ont souvent remarqué que leurs compas présentaient des variations notables dans les parages de Saint-Pierre et Miquelon. Ces anomalies magnétiques ont été attribuées à l'existence probable du fer dans le sol de ces îles. Toutefois, les seuls indices de minéralisation signalés jusqu'à ce jour se limitaient à des amas de pyrite, simplement mentionnés par L. Knab, qui ne donne aucune précision à leur égard [1], et à des dépôts d'ocre jaune.

J'ai pu découvrir en 1932, en différents points de l'archipel, des minerais de fer dont certains agissent énergiquement sur l'aiguille aimantée. C'est en particulier le cas du minerai qui affleure au milieu des quartzites, à la partie supérieure de la colline du Calvaire, au nord-ouest de Miquelon. Il se présente en bandes parallèles, ayant une puissance variable et une orientation générale NW-SE. Ces bandes correspondent simplement à des zones d'enrichissement, car on constate, au microscope, que les quartzites

(1) L.^r Knab, *Les minéraux utiles et l'exploitation des mines*, p. 149, J.-B. Baillière, Paris, 1888.

encaissants sont partout fortement minéralisés. Il s'agit probablement là d'un gîte de métamorphisme, d'origine sédimentaire. Le minerai est un mélange de magnétite et d'ilménite.

Plus au Nord, les gneiss et les quartzites, qui constituent de vastes affleurements dans la presqu'île du Cap, sont également riches en magnétite par place.

Le long du littoral de l'isthme de Langlade apparaissent des sables noirs, formant quelques dépôts fréquemment remaniés par la mer. Ils sont surtout constitués par de la magnétite et de l'ilménite.

Le gisement de fer que j'ai reconnu sur le Grand Colombier est d'un type assez particulier. Cette île est principalement formée de rhyolites, sauf sa partie orientale où apparaît une brèche siliceuse. Cette brèche est imprégnée d'oligiste, parfois si abondant, qu'il peut à lui seul former entièrement le ciment de la roche. Celle-ci est, de plus, en relation avec un amas d'hématite, bien visible dans les hauteurs qui entourent l'anse du Sud-Est. Le minerai normal est une hématite compacte, associée parfois à de l'oligiste micacé et accompagnée en outre par de l'hématite rouge concrétionnée, résultant de remises en mouvement et de concentrations secondaires.

Voici la composition de quelques minerais de fer rencontrés (¹) :

1° *Mélange de magnétite et d'ilménite.* Le Calvaire (Miquelon).

2° *Hématite compacte.* Le Grand Colombier.

3° *Hématite concrétionnée.* Le Grand Colombier.

	1.	2.	3.
SiO^2	14,50	8,98	8,59
Al^2O^3	10,00	6,85	0,75
Fe^2O^3	43,10	75,60	84,14
FeO	16,20	3,76	5,33
Mn^3O^4	0,62	0,06	traces
CaO	2,70	0,20	0,10
MgO	0,43	0,06	0,03
TiO^2	9,75	1,90	traces
SO^3	0,24	0,17	0,14
P^2O^5	0,28	0,20	0,12
As^2O^5	0,02	0,08	0,31
CuO	0,04	0,02	0,03
Cr^2O^3	0,13	0 ou traces	0 ou traces
H^2O combinée	2,07	1,60	0,35
Non dosés et pertes	0,21	0,09	0,11
	100,00	100,00	100,00
Fer métal pour 100	42,76	55,85	63,05

(¹) Ces analyses ont été effectuées par le Laboratoire L. Campredon.

Je dois signaler, à côté du fer, plusieurs indices de cuivre, métal qui était déjà connu au cap Miquelon, où la chalcopyrite a été rencontrée il y a une cinquantaine d'années. J'ai pu me rendre compte qu'elle s'y trouvait en imprégnation dans des diorites et des amphibolites.

A l'anse aux Soldats, sur Langlade, affleurent des grès feldspathiques redressés, probablement cambriens. Certains niveaux correspondent à des zones écrasées et laminées et leur coloration verte est due à de la chlorite et à des produits serpentineux. Ces grès écrasés sont imprégnés par de la bornite, avec un peu de chalcopyrite et de la pyrite assez abondante par place. La malachite s'observe aux affleurements. Cette roche, dans ses parties les plus minéralisées, accuse, à l'analyse, une teneur en cuivre de 27,30 pour 100, ainsi que 240^{g} d'argent à la tonne.

J'ai retrouvé de légères traces de cuivre dans les phyllades de la Belle-Rivière, à 3^{km} environ en amont de son embouchure. Ce sont des enduits de malachite avec des mouches de chalcopyrite. La roche est traversée, en outre, par des veines de calcite renfermant un peu de galène.

Il existe également des indices de cuivre dans certaines rhyolites de Saint-Pierre. Ainsi, à l'anse à Dinand, j'ai rencontré dans les fissures de l'une d'entre elles de la cuprite, accompagnée d'azurite et de malachite. Ce dernier minéral s'observe également à l'anse à Pierre.

Il me reste à signaler, dans un ordre d'idées très différent et à titre de simple curiosité minéralogique, la présence d'une épidote manganésifère, très fréquente à Saint-Pierre, à l'île aux Vainqueurs, à l'île aux Pigeons et surtout à l'île aux Marins. Cette épidote, voisine de la piémontite, se rencontre en petits cristaux roses et en veinules dans les rhyolites, auxquelles elle communique souvent une très belle coloration.

VOLCANOLOGIE. — *Sur l'origine du dôme secondaire de la Montagne Pelée.* Note de M. H. **Arsandaux.**

Dans une Note sur la Montagne Pelée (1), M. Romer écrit, relativement à deux des quatre phases qu'il distingue dans le cycle éruptif actuel du volcan :

2° Débouchage : explosions vulcaniennes, du 16 septembre au 13 novembre 1929, produisant un évidement des flancs sud et sud-ouest du dôme édifié en 1902.

---

(1) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 393.

Et plus loin :

4° Édification d'un nouveau dôme dans l'échancrure produite par évidement.

Il y a là, en premier lieu, une opinion à rectifier, et ensuite une ambiguïté que je veux essayer de lever. Je n'ai observé aucun évidement vraiment appréciable, apparent, en 1929, dans le flanc sud du dôme de 1902, antérieurement à l'apparition des premières nuées ardentes.

La première fois que j'ai vu le volcan, du front de mer : Rivière Sèche, Rivière des Pères, c'est le 11 novembre 1929 (le lendemain de mon débarquement dans l'île), en compagnie de MM. Boutin et Revert. Le ciel était fort brumeux ; j'eus cependant la bonne fortune, presque exceptionnelle à cette époque, de pouvoir observer à plusieurs reprises, pendant de courtes découvertes, la totalité du front volcanique faisant face à la mer.

Or *ce front était encore recouvert de son manteau de verdure*, et si une échancrure, même seulement amorcée, y avait existé, je l'aurais probablement remarquée ; celle-ci, en tout cas, n'aurait pu échapper à l'observation de mes compagnons, familiarisés avec l'aspect des lieux, et ayant eu l'occasion à diverses reprises de constater, sur place, les résultats de certaines des explosions vulcaniennes.

Le lendemain, 12 novembre, à 14^h, se produisait la dernière des explosions de la deuxième phase de l'éruption. Cette manifestation qui, à certains égards, aurait pu être rattachée aux nuées ardentes, ne semble pas, d'autre part, avoir été de nature à provoquer un évidement du dôme par son flanc sud car elle s'est produite dans la partie supérieure et centrale du vieux dôme (¹), et elle a été strictement verticale. Je possède à cet égard une série de six photographies fournissant d'intéressantes données sur l'évolution morphologique, en cours de détente, de cette sorte de nuée ardente verticale, dont l'émission clôtura la phase de débouchage.

Sauf défaut d'observation de mes collaborateurs et de moi-même, je ne puis donc admettre que l'échancrure par laquelle s'effectua l'évacuation de la plupart des nuées ardentes, au cours de mon séjour à la Martinique, ait été déterminée par les explosions de la phase de débouchage, c'est-à-dire antérieurement au 13 novembre 1929.

J'estime que cette échancrure, depuis son origine jusqu'à son complet développement, s'est produite essentiellement sous l'action des nuées

(¹) Il est probable que son lieu d'émission était celui même des nuées ardentes qui, cinq jours plus tard, commencèrent à se manifester.

ardentes, en raison des masses rocheuses de tous calibres, que celles-ci véhiculent le plus souvent en quantité importante.

Ces masses rocheuses, dont les plus volumineuses sont localisées surtout dans la partie inférieure des nuées, ont dû agir par abrasion sur le flanc sud du dôme de 1902, s'attaquant en premier lieu, soit à des roches peu cohérentes, parce que de surface, profondément fissurées lors de leur refroidissement, il y a près de 30 ans, soit à des matériaux meubles, témoins des apports des nuées ardentes comme des avalanches rocheuses de l'éruption précédente, et parties constitutives du talus d'éboulis de cette époque (¹).

Cette interprétation des faits *observés* supposée admise, les matériaux superficiels une fois éliminés, leur substratum rocheux, cohérent, fut mis à découvert. La première fois que nous avons pu l'observer, il présentait cet aspect de piton rocheux dont j'ai décrit antérieurement les caractères principaux et signalé le mode de tendance à l'individualisation (²). L'altitude de cette masse rocheuse ne différait pas de celle de la région du dôme où elle se dressait, constatation de nature à faire admettre qu'il s'agissait bien là d'un témoin de cette région, comme il est exposé dans la Note susvisée.

A la partie supérieure de ce témoin, et à peu près dès la constatation de son existence, apparurent ces masses d'extrusion qui, s'accumulant peu à peu, devaient ultérieurement constituer le dôme secondaire, sur la croissance duquel j'ai déjà fourni quelques précisions (³).

J'admets, en conséquence, que le dôme secondaire a dû s'ériger à la partie supérieure du dôme primaire, dans la masse duquel plongent en quelque sorte ses racines; il n'a pas surgi d'un évidement qui se serait produit dans le dôme de 1902, au cours de la période de débouchage; sa genèse n'est donc pas à rapprocher de celle du dôme antérieur, et nous nous trouvons ici en présence d'une sorte de manifestation attardée de la croissance du dôme primaire.

L'échancrure s'étant produite dans la zone du flanc sud du vieux dôme où les matériaux étaient le moins cohérents, la trajectoire des nuées ardentes de 1929-1930 ne pouvait guère s'écarter de celle suivant laquelle

(¹) A cette action abrasive, s'ajouta bientôt celle des avalanches rocheuses consécutives à l'apparition des masses d'extrusion.

(²) *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 761.

(³) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1253, et 194, 1932, p. 294.

s'écoulèrent la plupart des nuées de 1902-1903; c'est probablement à cet heureux concours de circonstances que l'éruption actuelle (toute proche de sa fin, sans doute) n'a pas entraîné de mort d'hommes, et n'a occasionné que des dégâts matériels relativement peu importants.

Toutefois, la topographie du volcan et de ses abords s'étant profondément modifiée depuis l'apparition des nuées ardentes, en novembre 1929, un tel concours de circonstances ne se reproduirait sans doute pas en cas d'ouverture d'un nouveau cycle éruptif.

Telle est d'ailleurs l'opinion fournie par M. Romer dans sa Note, opinion en accord avec celle exposée par M. Revert [1] et par moi-même (*loc. cit.*).

CRYPTOGAMIE. — *Sur un nouveau milieu de conservation des dermatophytes (Pléomorphisme, caractère acquis, spécificité tissulaire).* Note de M. **L. Grigoraki**, présentée par M. L. Mangin.

A. Nous avons exposé (1924-1925) que, contrairement à ce qui a été classiquement admis, le milieu dit de conservation des champignons parasites, composés de gélose peptonée 4 pour 100, n'empêche pas leur pléomorphisme. A la suite des critiques qui nous ont été faites sur cette question, nous avons reproduit (*An. de Derm. et de Syph.*, 1929, p. 391) le texte d'une lettre que nous a adressé le Directeur du Laboratoire de Cryptogamie de Baarn (Hollande), ainsi conçue : « En réponse à votre lettre du 15 courant, je puis vous dire que les champignons parasites de l'homme forment le duvet pléomorphique, même quand on les cultive sur sur la peptone Chassaing à 4 pour 100.... Nos espèces ont été cultivées pendant plus de 15 ans.... Vous feriez bon ouvrage en étudiant d'autres milieux et de trouver un vrai milieu de conservation. »

Depuis, aucun des milieux proposés ne nous a paru conserver les caractères originels des cultures. La cause de cet insuccès réside, non seulement, sur la composition des milieux recherchés, mais surtout sur notre conception même du pléomorphisme.

B. Trois interprétations ont été données sur le pléomorphisme :

1° La première, très ancienne et depuis classique, due à M. Duclaux, est strictement morphologique. D'après cette interprétation, on comprend

(1) *Ann. Géographie*, 40, 1931, p. 272.

par pléomorphisme l'ensemble des divers aspects morphologiques que présente le thalle au cours de son évolution *in vitro ;*

2° La deuxième plus récente, due à MM. Sabouraud et Langeron, interprète le pléomorphisme comme une mutation. Celle-ci, sans arguments scientifiques, est basée simplement sur les aspects différents de la culture originelle et de la culture pléomorphique ;

3° Enfin la troisième, due à nos recherches (1924-1925), étant basée sur l'analyse cytologique et biologique des cellules originelles et pléomorphiques, complète les deux autres interprétations. Voici, d'ailleurs, ces modifications cytologiques et biologiques observées au cours du pléomorphisme : Diminution du nombre des noyaux ; diminution de la densité du cytoplasma, de sorte que celui-ci devient limpide avec un vacuum très agrandi, amincissement des membranes et perte de l'acido-résistance observée chez certaines espèces ; perte progressive des pigments ; perte progressive de la virulence, de sorte que les cultures pléomorphes n'occasionnent que des lésions secondaires. Enfin, comme conséquence de ces modifications cytoplasmiqnes : *a.* les filaments s'allongent et deviennent de plus en plus minces, car le protoplasme étant plus fluide devient plus mobile et plus plastique ; *b.* les corps reproducteurs, qui résultent de la rétraction des constituants cytoplasmiques, diminuent de grosseur et finalement disparaissent, car ces constituants cytoplasmiques s'éliminent progressivement au cours du pléomorphisme.

C. Cette analyse cytologique du parasite démontre, d'une part, que la densité de son protoplasma est à la base de la morphologie des cellules du thalle originel, car l'influence du milieu ne s'exerce que sur les formes pléomorphiques, et que d'autre part cette densité elle-même est très élevée dans la cellule parasite à cause de sa nutrition par un tissu de nature animale dont la teneur en lipoïdes est très élevée.

Nous avons donc pensé que pour conserver l'équilibre originel du cytoplasma il faudrait maintenir un mode de nutrition analogue à celui offert par le parasitisme et dont la teneur en lipoïdes est très élevée. Nous avons alors essayé des milieux à base de tissu animal : foie, rein, cervelle, sang coagulé, pulpe de rate, etc. Après des essais nous nous sommes arrêté sur un milieu à base de pulpe de rate de jeune veau, dont la composition la plus favorable est la suivante : eau, 100^{cm^3} ; gélose, $1^g,8$; pulpe de rate de veau fraîche, 50^g ; peptone, 1^g.

Dans ce milieu et à la température de 28°, l'espèce *Arthrosporia Schœnleini* a donné, pour le même temps d'évolution, une culture beaucoup plus

grande que celle qui a évolué sur le milieu de gélose sucrée et peptonée. L'espèce *Spiralia radiolata*, cultivée dans ces deux milieux, à la même température, et le même temps d'évolution, *évolue plus rapidement dans le milieu à base de pulpe de rate et ne produit aucun duvet pléomorphique. Par contre, dans le milieu Sabouraud, elle évolue plus lentement et la surface des cultures se couvre d'un duvet pléomorphique, macroscopiquement très visible.* D'autres espèces, également cultivées dans ces mêmes conditions, ont présenté une évolution analogue; en somme le milieu à base de rate, non seulement permet une évolution rapide du parasite, mais également empêche son pléomorphisme.

D. Le milieu de conservation idéale des caractères originels d'un parasite serait celui dont la composition chimique correspondrait à celle que le microphyte a utilisé au cours de son parasitisme. C'est là un point théorique juste, car nous avons prouvé par des recherches récentes ([1]) que les parasites sont des espèces biologiques et non morphologiques, mais incompatibles avec les cultures *in vitro*. Donc le milieu que nous proposons, sans exclure l'influence des facteurs physiques, ne conserve les caractères originels des cultures que dans le cadre de ces notions.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Recherches sur l'intervention des conditions électriques dans la croissance des enfants.* Note ([2]) de M. **F. Vlès**, présentée par M. d'Arsonval.

Dans un ensemble de recherches poursuivies depuis quelques années, nous avons mis en évidence qu'un organisme ne se comporte pas de façon identique s'il est isolé électriquement du sol ou au contraire en connexion avec celui-ci. Des Graminées ont ainsi montré des différences de croissence en poids ([3]); des œufs d'Oursin ont eu des inégalités d'évolution larvaire ([4]). Au point de vue Pathologie expérimentale, la cancérisation de Souris par le goudron s'est effectuée avec une vitesse et un pourcentage différents ([5]); bien plus, l'apparition des cancers spontanés dans un élevage de Souris

([1]) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 555.
([2]) Séance du 27 décembre 1932.
([3]) F. Vlès, *Arch. Phys. biol.*, 8, III-IV, 1930, p. 182-281.
([4]) F. Vlès, *Arch. Phys. biol.*, 9, III-IV, 1932, p. 173-200.
([5]) F. Vlès, A. de Coulon, A. Ugo, *Arch. Phys. biol.*, 9, III-IV, 1932, p. 209-234.

normales s'est fait avec des inégalités considérables [1]. Enfin, à l'un des facteurs que l'analyse a montré prépondérant dans ces phénomènes, la déperdition électrique dans l'atmosphère s'est présentée d'autre part comme liée à l'évolution d'une épidémie de poliomyélite (F. Vlès, *Bull. Ac. Méd.*, 57, VII, 1932). Mais les organismes supérieurs pouvaient, dans de telles conditions, n'être qu'indirectement intéressés. Nous avons voulu tenter une expérience plus directe, sur l'homme.

Grâce à l'appui de M. Rohmer, qui a bien voulu nous ouvrir sa Clinique Infantile, nous avons pu monter dans celle-ci une installation permettant de faire des observations sur des nourrissons isolés électriquement du sol ou connectés avec lui.

I. Une première expérience, très homogène, a pu être effectuée du 3 août au 19 août 1932 (Strasbourg); elle a porté sur six nourrissons pratiquement normaux, d'âges compris entre 1 et 7 mois.

Le dispositif a consisté essentiellement en cadres de bois de $2^{m},75$ de haut, auxquels étaient appendues 6 corbeilles par des suspensions isolantes (cordelettes paraffinées coupées d'isolateurs en pyrex). La description détaillée de l'installation paraîtra dans un autre recueil. Les corbeilles avaient leur fond à une hauteur de l'ordre de 50^{cm} au-dessus du sol (ciment recouvert de linoléum) de la salle.

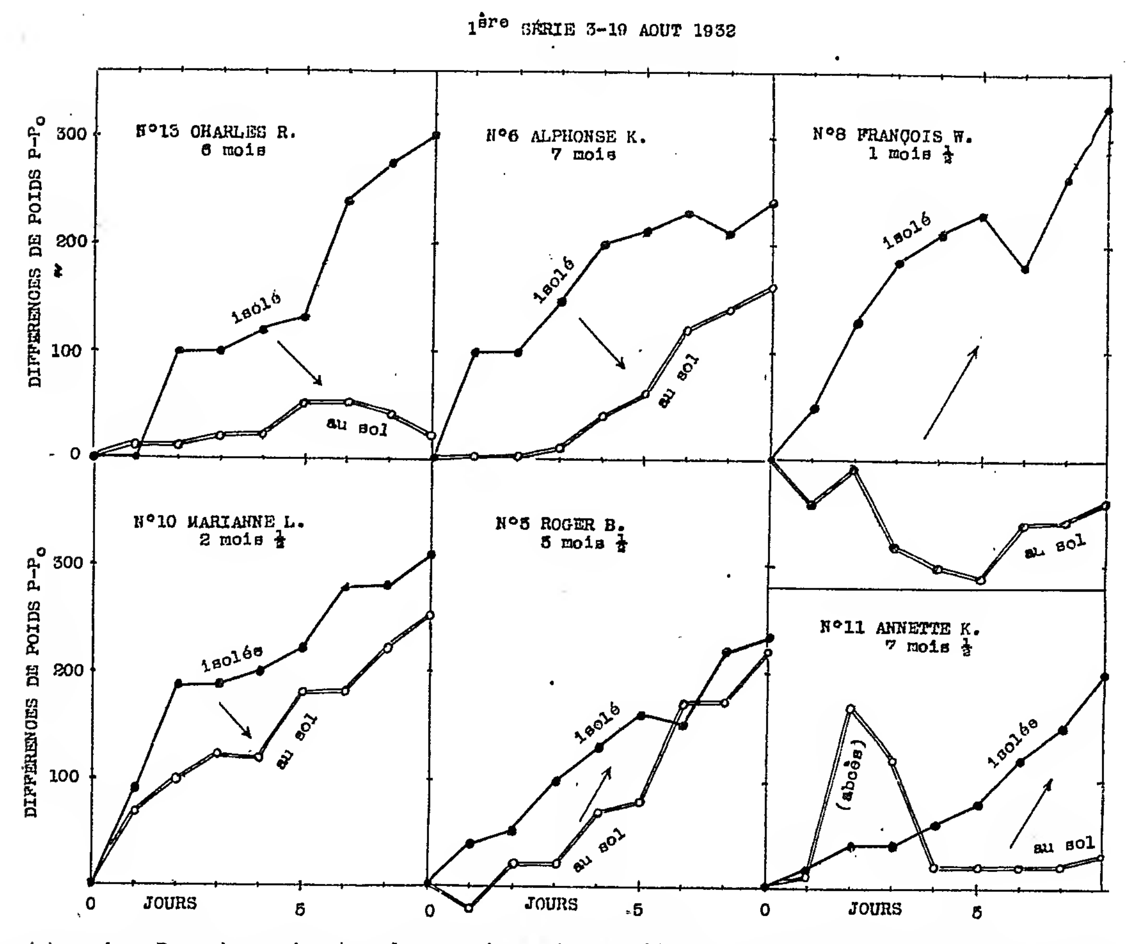
Des prises de terre étaient raccordées à la canalisation de chauffage de l'Hôpital. Au milieu du dispositif, un poste d'appareils de mesures comprenant un ionomètre à plateaux verticaux (Ionomètre III), baromètre, thermomètre et psychromètre, permettait de suivre par des mesures biquotidiennes les conditions de l'opération.

Pour éliminer les causes d'erreur tenant à des inégalités de régime des divers enfants et à des conditions externes générales, les expériences ont été croisées : 3 des enfants ont été d'abord isolés pendant 8 jours, et ensuite, toutes choses égales d'ailleurs, connectés au sol pendant 8 jours; pendant le même temps les 3 autres enfants étaient d'abord au sol et ensuite isolés. *Chaque enfant a été comparé avec lui-même pendant les deux périodes successives.*

La mise au sol des enfants était faite au moyen d'un galon doré souple lié au pied, se raccordant d'autre part à la prise de terre; les enfants isolés avaient un anneau du même galon libre autour de la cheville. Les capacités des enfants par rapport à la terre, mesurées au pont de Sauty, étaient de l'ordre de 5 à 7.10^{-5} microfarad. On mesurait d'autre part de temps en

(1) F. Vlès et A. de Coulon, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 750; 195, 1932, p. 586.

temps les différences de potentiel entre les enfants et la terre, en réalisant sur eux un contact par une pile au calomel. Dans cette expérience du 3-19 août 1932, la déperdition mesurée à l'ionomètre, a été relativement



Expérience I. — Pour chacun des six enfants en observation, graphique des évolutions relatives des poids, dans l'état de connexion au sol ou d'isolement. Les flèches → indiquent l'ordre de succession des deux états (nos 13, 6, 10 d'abord isolés puis au sol; nos 8, 5, 11 d'abord au sol puis isolés).

forte, correspondant à une conductance comprise entre $\lambda 2,8$ et $\lambda 2,3.10^{-5}$; la période a été particulièrement orageuse.

Les résultats finaux de l'expérience sont donnés par les graphiques ci-dessus, qui montrent en abscisses relatives pour chacun des six enfants la double évolution, en isolement ou au sol : quel qu'ait été le sens dans lequel se sont succédées ces deux conditions, *les six enfants en état d'isole-*

ment ont, en cette période de forte déperdition (λ supérieur à 2,3), *présenté des courbes de croissance en poids dont les pentes générales étaient plus fortes que lors de la connexion au sol.*

II. Une deuxième expérience faite postérieurement (fin août-début septembre) sur six autres enfants, coïncida au contraire avec *une période de déperdition faible* (λ de l'ordre de $1,7.10^{-5}$); comme il fallait s'y attendre d'après cette condition, elle donna des différences de poids beaucoup plus atténuées et *même inversées*; elle permit ainsi de préciser la constante d'inversion (λ_0 de l'ordre de $1,9.10^{-5}$) dont la connaissance est indispensable ponr l'établissement du calcul du *coefficient de circulation efficace* précédemment défini.

On retrouve donc ici divers phénomènes qui ont été vus dans les expériences antérieures sur d'autres organismes que l'homme; tout au moins dans certaines circonstances de temps et de lieu, celui-ci semble donc pouvoir être également intéressé par les divers facteurs mis en jeu.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Le pouvoir mercuro-réducteur de certains acides aminés*. Note de MM. **Ch. Sannié** et **R. Truhaut**, présentée par M. A. Desgrez.

Les propriétés réductrices de certains acides aminés ont déjà été signalées par divers auteurs. Hasse a montré, en 1919, que le glycocolle, en solution sodique, réduisait le bleu de méthylène; on sait aussi que la créatine, la créatinine, la cystine agissent sur les sels mercuriels.

Cependant une étude systématique de la réduction des réactifs mercuriels par les acides aminés n'a pas encore été tentée.

E. G. Minopoulos, au cours de dosages du sucre dit protéidique, par la méthode de Baudouin-Lewin, observa au laboratoire que certains plasmas donnaient spontanément un précipité noir. Nous avons alors recherché quelles substances réduisaient ainsi à froid les réactifs mercuriels.

Ayant pensé à rechercher l'action sur le réactif mercurique des substances libérées lors de l'hydrolyse acide des protides du plasma, nous avons étudié tout d'abord le glycocolle.

Dix centimètres cubes d'une solution aqueuse à 4^g de glycocolle par litre furent additionnés de lessive de soude et de 5^{cm^3} de réactif nitro-mercurique (formule de Baudouin). Alors qu'un ballon-témoin donne un précipité jaune, on observe un précipité blanc qui, très brusquement après trois ou

quatre minutes, commence à virer au jaune en surface, puis tout aussitôt au gris noir. La réaction gagne très rapidement les couches inférieures et finalement envahit tout le ballon. On a alors un précipité gris identifiable avec du mercure métallique et pouvant, en particulier, être dissous par l'iode après passage en milieu acétique.

Nous avons ensuite étudié l'action, sur le glycocolle, d'un réactif mercuriel beaucoup plus stable que le précédent : le réactif de Nessler à l'iodomercurate de potassium alcalin. Le réactif employé par nous avait une concentration N/20 en mercure. L'expérience a été conduite comme suit : $0^g,75$ de glycocolle sont dissous dans 5^{cm^3} d'eau distillée; on ajoute ensuite 5^{cm^3} de soude 5N environ et enfin 10^{cm^3} de réactif iodomercuriel.

En abandonnant la liqueur à elle-même, à froid, on observe une réduction lente du réactif mercuriel qui commence à apparaître après 2 heures environ et qui va en s'accentuant.

L'expérience fut refaite en opérant à chaud : la liqueur, portée 15 minutes au bain-marie bouillant, est énergiquement réduite.

Nous avons examiné successivement l'action sur le réactif de Nessler de divers acides aminés. Dans tous les cas, une prise d'essai de $0^g,20$ fut dissoute dans 5^{cm^3} d'eau et additionnée de 5^{cm^3} de soude environ 5 N et de 10^{cm^3} de réactif iodomercuriel.

Résultats obtenus :

α-alanine. — Aucune réduction, ni à froid, après 24 heures, ni à chaud (15 minutes au bain-marie bouillant),

β-alanine. — A froid : aucune réduction; à chaud : précipité rougeâtre.

Valine. — Aucune réduction, ni à froid, ni à chaud.

Leucine. — A froid : coloration jaune de la liqueur; à chaud : précipité jaune rougeâtre.

Sérine. — A froid : après quelques heures il apparaît une teinte grisâtre de la liqueur, à peine perceptible; à chaud : la réduction semble abondante mais le précipité n'est pas homogène.

Acide aspartique. — A froid et à chaud : aucune réduction.

Histidine. — A froid : aucune réduction; à chaud : légère réduction.

Tryptophane. — A froid : l'alcali fait prendre une coloration acajou à la solution, puis peu à peu il se fait une légère réduction; à chaud : la réduction est très forte.

Tyrosine. — A froid et à chaud : aucune réduction.

Arginine. — A froid : un précipité blanc qui jaunit par la chaleur.

Phényl-α-alanine. — A froid : aucune réduction; à chaud : précipité rougeâtre.

Phényl-β-alanine. — Dès que l'on verse les premières gouttes de réactif mercuriel, il apparaît, même à froid, une réduction intense.

Acide glutamique. — A froid : on observe après 24 heures un très léger précipité

lie de vin, ne ressemblant pas à du mercure; à chaud : très léger précipité jaune verdâtre.

Créatine. — La réduction, légère à froid, devient énergique à chaud.

Créatinine. — A froid et à chaud, la réduction est intense.

Lysine. — Aucune réduction, ni à froid, ni à chaud.

Cystine. — A froid : l'addition du réactif détermine un précipité couleur chartreuse; à chaud : précipité noir par formation de sulfure de mercure.

Glutathion. — A froid : après une minute, le liquide prend une légère coloration jaune; après 1 heure et demie, le liquide est devenu totalement noir; à chaud : précipité noir verdâtre vraisemblablement dû à la formation de sulfure de mercure.

Dioxyphénylalanine. — Étant donné le caractère diphénolique de ce composé, nous n'avons pas été étonnés d'observer à froid une abondante réduction.

Cette étude qualitative montre que le glycocolle, la sérine, l'histidine, le tryptophane, la phényl-β-alanine, la dioxyphénylalanine, la proline, la créatine, la créatinine, la cystine réduisent les sels de mercure.

1° Cette propriété de mercuro-réduction permet de différencier des acides aminés très proches : glycocolle et alanine, phényl-α et phényl-β-alanine. Peut-être pourra-t-elle s'appliquer à leur dosage dans un mélange.

2° Les acides aminés peuvent intervenir dans le pouvoir mercuro-réducteur de l'urine normale.

3° Si le nitrate mercurique, en milieu neutre, n'élimine pas complètement les acides aminés mercuro-réducteurs produits dans l'hydrolyse acide des protides du plasma, ceux-ci, agissant ultérieurement sur le réactif mercurique, augmentent le taux de ce qu'on appelle le sucre protéidique. Ce dernier ne serait ainsi pas uniquement constitué par des sucres; il comprendrait, en outre, des substances azotées également mercuro-réductrices.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Études sur les effets biologiques des ultra-pressions. Études sur l'immunité : influence des pressions très élevées sur certains antigènes et anticorps.* Note de MM. **James Basset** et **M.-A. Machebœuf**, présentée par M. E. Roux.

Toxines. — Dans une précédente Note, nous avons montré que les toxines diphtérique et tétanique sont atténuées, voire inactivées, par les pressions très élevées (10000 à 18000^{atm}). Il nous a semblé intéressant de voir si la toxine tétanique inactivée par la pression était une anatoxine, c'est-à-dire possédait encore le pouvoir d'immuniser les animaux contre des injections ultérieures de toxine active.

Nous avons soumis de la toxine tétanique non diluée à 13500^{atm} pendant 45 minutes, puis nous avons injecté à des souris des dilutions convenables de cette toxine (de une à cent doses mortelles inactivées par pression). Après 20 jours, puis après 40 jours, nous avons renouvelé ces injections sur les mêmes animaux avec des doses de toxine pressée identiques ou croissantes suivant les cas. Le 60e jour enfin, nous avons inoculé à nos souris des doses variables d'une toxine tétanique active et non pressée; ces doses varièrent de une à cinq doses mortelles. Aucune immunité ne s'est manifestée chez les souris traitées au préalable par la toxine inactivée par pression; les souris ont en effet présenté, avec la même intensité et la même rapidité que les souris témoins, tous les phénomènes morbides correspondant aux doses de toxine injectées.

La toxine tétanique inactivée par pression à 13500^{atm} *ne possède donc aucune activité immunisante; elle n'est pas une anatoxine.*

Ces résultats négatifs ne nous ont pas encouragés à reproduire ces essais pour la toxine diphtérique, il serait cependant intéressant de reprendre ultérieurement ce travail.

Antitoxines. — L'activité des toxines et des diastases étant détruite par les pressions très élevées, nous avons voulu savoir si les anticorps présents dans les sérums d'animaux immunisés étaient, eux aussi, sensibles à la pression. Pour cela, nous avons soumis à la pression (13500^{atm}), en tube de feuille anglaise, un sérum de cheval antitétanique très actif.

Nous pensions bien que la pression ne devait pas être sans action sur des substances aussi complexes que les protéides du sérum, mais notre surprise fut cependant grande lorsqu'en ouvrant le tube de feuille anglaise au sortir de la presse, nous l'avons trouvé rempli par une gelée transparente, compacte, présentant la consistance d'un caillot sanguin déjà rétracté. Ce gel était absolument transparent et ne se dissolvait pas dans l'eau distillée ni dans l'eau physiologique neutre. Ce fait nous a incités à entreprendre une série d'études sur le comportement des protéides aux hautes pressions, mais ces travaux sont encore en cours et nous ne rapportons aujourd'hui que les résultats obtenus au sujet du pouvoir antitoxique du sérum, indépendamment du phénomène de gélification.

Le gel sorti du tube fut broyé avec soin jusqu'à obtention d'un magma pâteux. De ce magma, nous avons prélevé un volume connu que nous avons agité avec 49 volumes d'eau physiologique; après une demi-heure de contact, nous avons filtré pour éliminer les fragments protéidiques insolubles et nous avons étudié le pouvoir antitoxique du filtrat obtenu. Le filtrat

contenait de très petites quantités de protéides précipitables par l'acide trichloracétique et donnant les réactions du biuret, de Millon et d'Adamkiewicz; dans le filtrat porté à l'ébullition, il n'apparaissait cependant aucun coagulum ni aucun louche.

Malgré l'insolubilisation de la majeure partie des protéides du sérum, le filtrat est encore très actif comme antitoxine vis-à-vis de la toxine tétanique, il possède plus de 10 pour 100 de l'activité du sérum primitif. Comme il reste en outre une notable activité antitoxique liée ou adsorbée aux protéides insolubles, on peut conclure que *la pression de* 13500^{atm} *qui dénature très profondément et insolubilise la majeure partie des protéides du sérum est loin de détruire la totalité de l'activité antitoxique de ce sérum.*

L'étude de l'action de la pression sur les sérums antitoxiques permettra peut-être d'élucider certains points au sujet des rapports entre anticorps et protéides sériques; mais avant de poursuivre cette étude, il nous faut pousser plus avant celle du comportement des protéides eux-mêmes.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Tumeurs malignes provoquées, chez le lapin, par l'irradiation de foyers inflammatoires.* Note [1] de M. A. **Lacassagne**, présentée par M. Roux.

Nous avons en 1929 [2], avec Vinzent, signalé qu'ayant traité par les rayons X des lapins porteurs d'abcès de la cuisse, dus à l'injection de *Streptobacillus caviæ*, nous avions vu trois fois apparaître un sarcome dans la région irradiée. Chacun de ces néoplasmes était de variété histologique particulière (un sarcome ostéogénique; un fibrosarcome; un sarcome à cellules polymorphes, d'origine indéterminée, probablement musculaire). Depuis, deux nouveaux cas de sarcome de la cuisse, obtenus dans des conditions sensiblement comparables, ont confirmé que le fait primitivement observé n'était pas seulement une coïncidence fortuite. Cependant, aucun des animaux normaux, irradiés au niveau de la cuisse avec la même technique, n'a présenté de tumeur; non plus qu'aucun de ceux infectés avec le *Streptobacillus caviæ* et non irradiés.

Deux facteurs (foyer inflammatoire et action des radiations) paraissent donc indispensables, dans nos expériences, pour la production de tumeurs

---

(1) Séance du 27 décembre 1932.

(2) A. Lacassagne et R. Vinzent, *C. R. Soc. de Biologie*, 100, 1929, p. 249.

malignes. Mais le microbe utilisé exerce-t-il une action spécifique? ne pourrait-il pas être remplacé par un autre agent inflammatoire?

J'ai essayé, sans résultats, l'action des rayons X sur des abcès tuberculeux chroniques (injection dans la cuisse de cultures de bacilles aviaire et humain), sur des abcès de fixation par thérébentine, sur des fragments de celloïdine introduits dans le muscle.

En revanche, deux tumeurs sont apparues chez des lapines auxquelles on avait fait une injection de terre de diatomées stérile, symétriquement sous une mamelle pectorale droite et gauche. Un seul côté avait été irradié peu de jours après. Dans les deux cas, c'est du côté irradié que s'est développée la tumeur, à proximité du corps étranger. La première était un épithélioma dendritique intracanaliculaire; la seconde un fibrosarcome ayant donné une métastase hépatique. Ainsi donc l'irradiation d'un foyer inflammatoire semble pouvoir provoquer localement l'apparition d'un néoplasme malin, que l'origine de cette inflammation soit infectieuse ou aseptique.

Le mécanisme de cette production de néoplasmes reste encore obscur. On peut supposer que l'inflammation exerce sur les cellules du territoire irradié une action préparante, en leur rendant, par exemple, une capacité cinétique, ou en les modifiant dans tout autre sens qui leur donne momentanément une sensibilité spéciale aux rayons. On s'expliquerait alors que les radiations — qui [d'après une théorie à laquelle nos travaux avec Holweck (1) depuis 1928, ont donné une base expérimentale sérieuse] agissent d'une façon discontinue en des points très limités de la cellule situés sur le passage du photo-électron (2) — puissent avoir des chances de provoquer, dans certains éléments telle altération susceptible d'entraîner, après une période de latence plus ou moins longue, un trouble durable du processus de la division. On ignore ce qui règle, par exemple dans les centres germinatifs des tissus de l'adulte, l'alternance de mitoses équipotentielles qui multiplient les cellules-souches fertiles et de mitoses différenciatrices d'où naissent des cellules stériles ou des lignées conduisant rapidement à des éléments stériles. Il est vraisemblable que ce processus est en relation avec quelque particularité de l'appareil cytodiérétique. L'atteinte d'un tel dispositif par un photo-électron, dans une cellule fertile,

---

(1) *C. R. Soc. Biol.*, 107, 1931, p. 812 (et une série de Notes précédentes).

(2) Cette théorie quantique de l'action des radiations explique l'inégalité de radiosensibilité des cellules et les mutations provoquées par les rayons.

ne pourrait-elle pas avoir pour conséquence de fixer, dans la descendance de celle-ci, la permanence (ou la très grande prépondérance) des mitoses équipotentielles? Ce phénomène de la multiplication persistante de cellules, donnant naissance à une majorité d'éléments potentiellement semblables à elles, n'est-il pas le seul caractère de la cellule cancéreuse qui soit actuellement bien établi, et qui, dans un organisme adulte, la différencie des cellules normales?

La séance est levée à 15^h45^m.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

Ouvrages reçus pendant les séances du mois de novembre 1932.

Tadataka Inō the Japanse Land-Surveyor, par Ryokichi Otani. Tokyo, S. Iwanami, Publisher, 1932; 1 vol. 22cm.5.

Recherches cytologiques et génétiques chez les Iris. Propositions données par la Faculté. Thèses présentées à la Faculté des Sciences de Paris pour obtenir le titre de docteur de l'Université. par Marc Simonet. Paris, édition du *Bulletin biologique de la France et de la Belgique*, 1932; 1 vol. 24cm,5.

La géologie et les mines de la France d'outre-mer. Publication du Bureau d'études géologiques et minières coloniales. Paris, Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales, 1932; 1 vol. 24cm,5.

Egyptian Government. Views of Typical Desert Scenery in Egypt. Prepared by the Geological Survey of Egypt. Presented to the International Geographical Congress at Paris, 1931. Survey of Egypt Giza; 1 vol. 52cm × 37cm,5. (Présenté par M. A. Lacroix.)

Cours de Mécanique rationnelle, par Jean Chazy. Tome 1 : *Dynamique du point matériel.* Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1933; 1 vol. 25cm.

Sulle Fasi di Regime del Litorale Deltizio del Tevere, par Agatino d'Arrigo. In *Annali dei Lavori Pubblici*, già *Giornale del Genio civile*. Année 1932. Fasc. III. Roma, Stabilimento Tipo-Litografico del Genio civile; 1 fasc. 25cm,5.

L'industrie chimique. Rapport de M. Justin Dupont au Groupe des industries chimiques à l'Exposition coloniale internationale de Paris de 1931. Classe 87 A. Paris, Draeger frères; 1 vol. 27cm,5. (Présenté par M. Georges Urbain.)

Table des matières du Volume IX (année 1929) des *Tables annuelles de constantes et données numériques de chimie, de physique, de biologie et de technologie*, par G. Kravtzoff. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1932; 1 vol. 28cm.

Jac. Berzelius. Lettres publiées au nom de l'Académie royale des Sciences de Suède, par H. G. Söderbaum. XIV : *Correspondance entre Berzelius et Sven Nilsson.* Uppsala, Almquist et Wiksells Boktryckeri, A. B. 1932; 1 vol. 23cm.

Tardigrades, par L. Cuénot. In *Faune de France.* fasc. 24. Paris, Paul Lechevalier, 1932; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Bouvier.)

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 JANVIER 1933.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES RICHET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ÉLASTICITÉ. — *Sur la rotation variable d'un solide de révolution.* Note de M. L. LECORNU.

Soit un solide de révolution homogène et isotrope, mobile autour de son axe Oz. Pour obtenir une rotation variable il faut lui appliquer un couple extérieur; on peut, pour cela, employer une tige cylindrique, d'axe Oz et de rayon r_0, traversant le solide avec un serrage suffisant, et faire agir des forces convenables dans le plan de l'une des bases de cette tige.

La variation de vitesse produit une déformation du solide et de la tige; mais nous supposons cette variation telle qu'à chaque instant un état d'équilibre d'élasticité symétrique autour de Oz se réalise sensiblement par rapport à un trièdre trirectangle $Oxyz$ tournant autour de Oz avec une vitesse ω choisie de façon que les axes Ox, Oy restent tangents en O aux mêmes éléments matériels. La dérivée $\omega' = d\omega/dt$ est par hypothèse constante ou lentement variable. Pour fixer les idées, nous dirigeons Oz suivant la verticale ascendante et nous appliquons le couple entraîneur en haut de la tige. Nous faisons abstraction de la pesanteur dont on peut d'ailleurs tenir compte une fois pour toutes.

En appelant ρ la densité, les forces extérieures, rapportées à l'unité de masse sont : la force centrifuge $F_1 = \rho\omega^2 r$, dirigée suivant le prolongement du rayon r perpendiculaire à Oz; la force $F_2 = \rho\omega' r$, perpendiculaire au méridien; enfin la force centrifuge composée. Vu la petitesse de la vitesse de déformation, cette dernière force est négligeable. L'état du solide et de

la tige résulte donc de la superposition des effets des forces F_1, F_2. Étudions spécialement celui des forces F_2.

En admettant *a priori* que, sous l'action des forces F_2, le point dont les coordonnées cylindriques sont r, z se déplace perpendiculairement au méridien, on peut représenter ce déplacement par l'expression αr, dans laquelle α désigne une fonction de r, z. La dilatation cubique est nulle et, si λ, μ sont les coefficients de Lamé, les équations indéfinies de l'équilibre d'élasticité se réduisent à l'unique équation

$$(1) \qquad \frac{\partial^2 \alpha}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 \alpha}{\partial r^2} + \frac{3}{r}\frac{\partial \alpha}{\partial r} + \frac{\rho \omega'}{\mu} = 0.$$

Soit $f(r, z) = 0$ l'équation de la surface libre. On doit avoir sur cette surface

$$(2) \qquad \frac{\partial f}{\partial r}\frac{\partial \alpha}{\partial r} + \frac{\partial t}{\partial z}\frac{\partial \alpha}{\partial z} = 0.$$

En chaque point de la surface de contact du solide avec la tige règne une tension $T = \mu r_0 \, \partial\alpha / \partial r$, perpendiculaire au méridien.

Les mêmes calculs s'appliquent à la tige, pourvu qu'on attribue à ρ et μ les valeurs convenables. Pour éviter toute confusion, remplaçons, pour cette tige, α par β. Sur son extrémité supérieure, $z = h$, existent des tensions $\mu r \, \partial\beta/\partial z$, perpendiculaire aux méridiens et produisant le couple

$$C = 2\pi\mu \int_0^{r_0} r^3 \frac{\partial \beta}{\partial z} dr.$$

Sur le pourtour de la tige, les tensions $\mu r_0 \, \partial\beta/\partial r$ donnent le couple

$$C_1 = 2\pi\mu r_0^3 \int_0^h \frac{\partial \beta}{\partial r} dz.$$

L'extrémité inférieure ($z = 0$) n'est sollicitée par aucune force extérieure et n'éprouve, par suite, aucune tension.

Soient I, J les moments d'inertie de la tige et du solide entraîné. On a les deux conditions

$$(3) \qquad I\omega' = C - C_1, \qquad J\omega' = C_1.$$

Il faut se procurer une valeur de β vérifiant l'équation analogue à (1), avec deux constantes A, B permettant de satisfaire aux conditions (3). On est ainsi conduit à la solution

$$(4) \qquad \beta = A(r^2 - 4z^2) - \frac{\rho\omega'}{2\mu} z^2 + B\,F(r, z),$$

dans laquelle

$$(5) \qquad F(r, z) = \Sigma P(e^{pz} + e^{-pz}) \int_0^{\pi} \cos(pr\cos\varphi)\sin^2\varphi\, d\varphi.$$

La sommation Σ porte sur la suite d'un nombre fini, mais quelconque, de termes dans lesquels P, p sont des constantes arbitraires. La présence de la fonction F crée une indétermination dont on peut profiter pour réaliser sur le contour de la tige, avec telle approximation que l'on veut, des tensions égales à celles qui résultent de la forme du solide entraîné.

Appliquons cette théorie au cas de l'ellipsoïde ayant pour méridienne l'ellipse $x^2/a^2 + y^2/b^2 = 1$. Pour cela, commençons par changer, dans les équations (4) et (5), z en $z + h/2$, de façon à faire coïncider le milieu de l'axe de la tige avec le centre de l'ellipsoïde. Admettons en outre que la longueur de la tige soit limitée aux deux parallèles de rayon r_0. La fonction α est alors donnée par l'équation

$$(6) \quad 5\frac{\mu\alpha}{\rho\omega'} + \frac{r^2 + z^2}{2} + \frac{a^4}{3a^2 - 2b^2}\left(\frac{a^2 - b^2 + z^2}{r^2} + \operatorname{Log}\frac{a}{r}\right) = \text{const.} \qquad (r > r_0).$$

Lorsque la valeur absolue de la différence $\varepsilon = 3a^2 - 2b^2$ est assez grande, toutes les tensions existant sur le pourtour de la tige présentent des moments de même signe. Mais quand, sans changer a^2, on fait varier b^2 de façon à réduire progressivement cette valeur absolue, il arrive un instant où se produit un curieux phénomène. Dès qu'elle tombe au-dessous d'une limite égale à $a^4/(a_0^2 + r_0^2)$ ou à $2a^4/r_0^2$ suivant que ε est positif ou négatif, on distingue sur la tige une région médiane R séparant deux régions R', identiques entre elles, pour lesquelles les moments des tensions ont des valeurs de signe contraire à celui des tensions régnant dans la région R.

Si ε est positif, les régions R' entraînent l'ellipsoïde, tandis que la région R résiste à cet entraînement. L'inverse a lieu quand ε est négatif. En calculant l'intégrale des moments pour l'ensemble de la tige, on constate que le couple résultant a, dans les deux cas, le même signe et équilibre, comme il fallait s'y attendre, les forces d'inertie de la masse ellipsoïde. On peut même vérifier, que si l'on considère la position d'ellipsoïde limitée intérieurement à un cylindre de rayon arbitraire r et inférieurement à un parallèle de cote arbitraire z, les forces d'inertie, ici encore, sont équilibrées, quel que soit ε par les tensions existant sur la surface du cylindre et sur celle du parallèle.

Tout cela suppose que la quantité ε n'est pas par trop petite, sans quoi la formule (6) conduirait, pour $\partial\alpha/\partial r$ et $\partial\alpha/\partial z$, à des valeurs telles que la

théorie de l'élasticité, basée sur l'hypothèse de déformations infiniment petites, ne serait plus légitime. Mais ce qu'on peut dire, c'est que les tensions changent brusquement de signe avec ε. Voici comment s'opère alors la permutation des rôles joués par R et R'. Soient Γ, Γ' les couples correspondants. On a deux expressions de la forme

$$\Gamma_1 = A - \frac{B}{\varepsilon}, \qquad \Gamma_2 = A' + \frac{B}{\varepsilon},$$

où A, A', B désignent des quantités qui demeurent finies et différentes de zéro. Au passage de l'état critique, Γ_1 et Γ_2 changent de signe avec ε, sans que le couple total $\Gamma_1 + \Gamma_2$ se trouve modifié.

De part et d'autre de l'état critique, on rencontre ainsi des ellipsoïdes de forme très voisine, pour lesquels l'état d'équilibre est tout à fait différent. Si donc l'on se donne le diamètre équatorial a, les tensions et les déformations, considérées comme fonctions du diamètre polaire b, deviennent discontinues pour $b = a\sqrt{3/2}$.

Au point de vue pratique, on voit que lorsqu'un arbre tournant présente quelque part un renflement il faut, pour éviter une fatigue excessive surtout dans les périodes de démarrage et de retour au repos pour lesquelles la dérivée ω' est importante, avoir soin que ce renflement ne se rapproche pas de la forme d'un ellipsoïde caractérisé par l'égalité $3a^2 = 2b^2$.

J'ai montré jadis [1] que le problème de l'équilibre d'élasticité d'un ellipsoïde de révolution, animé d'une rotation uniforme, problème généralement difficile, devient très simple quand le rapport b^2/a^2, exprimé en fonction des coefficients λ, μ de Lamé, est égal à

$$\frac{(\lambda + 2\mu)(7\lambda + 6\mu)}{4\lambda(3\lambda + 2\mu)},$$

valeur peu différente de 2 dans l'hypothèse usuelle $\lambda = \mu$. Les plans des parallèles n'éprouvent alors aucune tension, et ainsi toute tranche comprise entre deux parallèles quelconques est individuellement en équilibre; j'ai déduit de ce fait l'état d'une meule de faible épaisseur, à méridienne légèrement arquée, admettant un plan de symétrie. Plus tard [2] j'ai étendu la solution au cas d'une meule perforée.

Il suffit de superposer les effets des forces $\rho\omega^2 r$ et $\rho\omega' r$ pour connaître,

---

[1] *Comptes rendus*, **123**, 1896, p. 96.
[2] *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1253.

en cas de rotation variable, l'état du même ellipsoïde, mais alors il n'est plus vrai de dire qu'aucune tension ne se manifeste sur les plans des parallèles. On peut toutefois remarquer que ces tensions tendent vers zéro en approchant de l'équateur, en sorte que la solution du problème de la meule subsiste approximativement et permet d'évaluer le risque de rupture en tenant compte des variations de vitesse.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de la vapeur d'eau sur l'hexane et le benzène.* Note de MM. **C. Matignon** et **M. Séon**.

Dans une Note précédente [1] nous avons montré que la zircone constituait un bon catalyseur pour orienter l'action de la vapeur d'eau sur le méthane vers la formation du gaz carbonique. Nous avons utilisé le même catalyseur pour étudier la même action de la vapeur d'eau sur un carbure d'hydrogène homologue du méthane. Nous avons choisi d'abord un homologue peu élevé, l'hexane. Les expériences, en raison des résultats obtenus avec le méthane, ont été conduites à la température de 1050° qui nous paraît très favorable à de telles transformations ; le mode opératoire est le même que pour le méthane. Les vapeurs traversent le catalyseur maintenu à la température convenable dans un grand four électrique à résistance en nichrome.

Les résultats obtenus sont irréguliers en raison de la difficulté d'obtenir un mélange homogène et constant de vapeur d'hexane et de vapeur d'eau. Voici la composition de mélanges gazeux recueillis. Il n'y a pas dépôt de charbon.

CO^2.	CO.	C^2H^4.	CH^4.	H^2.	Quantité d'eau.	Durée de contact.
16,9	5,4	2,7	12,8	58,7	49	1″
16,1	3,9	7,2	14,5	56,6	10	1
12,4	3,2	0,0	5,6	78,5	9	3
15,4	5,6	14,8	23,7	37,2	8	1,5
23,2	8,1	0,0	1,3	64,7	1,7	9,5
4,4	12,4	0,2	18,3	62,6	1	6
10,7	3,8	29,4	26,4	27,4	8	1,5

Les chiffres contenus dans l'avant-dernière colonne verticale donnent les rapports de la quantité d'eau consommée à la quantité d'eau nécessaire

[1] *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 134.

pour la transformation théorique. La proportion d'oxyde de carbone augmente quand diminue la proportion d'eau consommée.

On constate la présence d'éthylène, sa quantité paraît liée à celle du gaz méthane; ces deux carbures sont des composés intermédiaires qui doivent disparaître quand la réaction est suffisamment prolongée; leur présence en quantité notable correspond à des durées de contact plus courtes. On doit aboutir à une transformation presque complète en gaz carbonique et hydrogène à l'aide de plusieurs passages.

Dans quelques essais nous avons remplacé la zircone par le zircon de Madagascar. Le zircon se recouvre d'une légère couche de charbon au cours de l'opération, il y a donc une légère carbonisation du carbure. Nous donnons ici les résultats de trois essais effectués toujours à 1050° :

CO^2.	CO.	C^2H^4.	CH^4.	H^2.	Durée de contact.	Rapport H^2O.
10,3	14,0	2,5	12,2	59,4	10″	3,4
13,7	27,2	0,0	0,0	57,3	4	8,4
2,6	7,2	31,7	20,0	36,9	2	12

Dans le dernier essai, malgré l'emploi d'une quantité d'eau 12 fois plus grande que la densité théorique, la durée de contact a été insuffisante, le mélange gazeux contient 20 pour 100 de méthane et 32 pour 100 d'éthylène.

Le même zircon a été débarrassé du fer qu'il contient par des traitements répétés à l'acide chlorhydrique et essayé de nouveau comme catalyseur. Il n'a plus provoqué de dépôt de charbon, l'éthylène et le méthane ont presque complètement disparu, mais la proportion d'oxyde de carbone formée est grande; le zircon n'est donc pas un bon catalyseur, fait reconnu déjà avec le méthane. Voici, en effet, la composition des gaz recueillis avec ce zircon privé de fer à 1050° :

CO^2.	CO.	C^2H^4.	CH^4.	H^2.	Durée de contact.	Rapport H^2O.
16,0	0,0	25,1	57,6	0,0	5″	3
15,6	0,0	25,7	56,8	1,0	2″	7,3

Les quantités d'eau consommées ainsi que les durées de contact correspondent à l'état moyen d'une expérience poursuivie pendant au moins 2 heures, alors que l'analyse donne la composition du gaz au moment du prélèvement; la correspondance entre ces diverses quantités n'est donc pas rigoureuse, en raison de la difficulté déjà signalée de maintenir constant le rapport eau et carbure.

La réaction théorique

$$C^6H^{14} + 12H^2O = 6CO^2 + 19H^2 - 183^{cal},7$$

n'absorbe que $9^{cal},6$ par molécule de gaz hydrogène, alors que pour la production du gaz à l'eau, il faut dépenser $14^{cal},4$ par molécule de gaz combustible (H^2 et CO).

Nous avons effectué des essais semblables avec la benzine, carbure cyclique possédant le même nombre d'atomes de carbone que l'hexane. La benzine avait été préalablement débarrassée de tiophène. Les expériences ont été faites à 1050 et 1075° en présence de zircone.

Temp.	CO^2.	CO.	C^2H^4.	CH^4.	H^2.	Durée de contact.	Rapport H^2O.
1150°	29	3,7	3,3	7,8	53,0	1″	16
1075°	24,3	3,2	4,2	9,0	56,0	1″	13

Le benzène se comporte donc comme les carbures linéaires; à la haute température de cette transformation par la vapeur d'eau, le carbure perd son individualité et les résultats ne paraissent guère dépendre que des proportions de carbone, d'hydrogène et d'eau réagissant tout au moins pour une durée suffisante de l'action simultanée de la température et du catalyseur.

Il paraît donc possible d'obtenir de l'hydrogène et du gaz carbonique à partir de carbures liquides légers comme l'hexane, ou de carbures cycliques comme le benzène à condition, sans doute, d'effectuer plusieurs traitements successifs par la vapeur d'eau; l'augmentation de la vapeur d'eau pouvant compenser dans une certaine mesure la durée de contact.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur des modifications de la fonction de réserve chez divers végétaux soumis à l'arrosage intermittent.* Note de M. **Lucien Daniel.**

La plupart des opérations d'horticulture (greffage, décapitation, décortication annulaire, etc.) font varier la nutrition, modifient la répartition des aliments, provoquent des troubles variés dans la fonction de réserve et engendrent même assez souvent des monstruosités. J'ai signalé depuis longtemps que, chez diverses plantes greffées, si des produits de réserve passent au travers du bourrelet d'union, d'autres sont retenus à ce niveau, soit sous leur forme chimique comme l'inuline des Composées (1891), le

sucre chez les Choux-raves (1892), soit après transformation en corps insolubles comme chez le Lis blanc, les Choux, les Haricots, etc., chez lesquels ils fournissent de l'amidon (1892). Ces dernières transformations ont pour but d'empêcher les ruptures des tissus, conformément aux lois de Pfeffer qui règlent la dynamique cellulaire.

La forme et la position spécifique des organes de réserve subissent aussi des changements parfois considérables du fait de ces opérations. Des tubercules sphériques, non ramifiés, s'allongent en gourde, s'étranglent en sablier, prennent la forme d'un casse-tête ou d'un chapelet. Quand il y a ainsi des parties d'âge différent dans un tubercule, elles n'ont ni la même structure, ni la même composition chimique. La propriété qu'ont les rhizomes et autres organes de multiplication souterraine d'occuper en profondeur une position déterminée à laquelle ils reviennent quand on les enfonce ou les remonte (loi de niveau de Royer) ne s'applique plus à diverses plantes blessées, décortiquées ou greffées dans certaines conditions (Pomme de terre, Topinambour, etc.). J'ai indiqué (1898 et 1902) que ces phénomènes sont accentués par les à-coups de végétation résultant des passages brusques de la sécheresse à l'humidité et vice versa au cours de la végétation active ([1]).

Depuis plusieurs années, je me suis proposé de vérifier expérimentalement ces déductions, non plus seulement chez les plantes blessées ou vivant en symbiose, mais chez des plantes autonomes intactes. Pour cela j'ai choisi deux espèces de Crucifères, le Chou-rave à tubercule caulinaire se développant complètement au-dessus du sol et le Radis rose à bout blanc dont le tubercule, constitué par l'axe hypocotylé et la partie supérieure de la racine principale, s'enfonce presque entièrement dans la terre. Je les ai soumis simultanément à des alternances de sécheresse et d'humidité, en les privant d'eau pendant plusieurs semaines, puis en les arrosant ensuite copieusement à l'eau ordinaire ou avec de l'eau contenant des sels nutritifs convenablement dosés.

Chez les Choux-raves, j'ai ainsi reproduit le durcissement de la partie basilaire du tubercule et parfois sa rupture partielle, l'allongement de la partie apicale tendre séparée de la première par un étranglement plus ou moins marqué. Certains exemplaires ont fourni deux tubercules inégaux séparés par une courte tige non renflée. Enfin, chez quelques pieds, le sommet végétatif ayant pourri, les bourgeons latéraux du tubercule ont

---

([1]) Lucien Daniel. *Études sur la greffe*, 3, Rennes, 1930, p. 844.

poussé, se sont renflés à leur base, donnant à la plante un aspect singulier, en casse-tête ou en étoile.

Les Radis, après avoir été régulièrement arrosés pour amener rapidement la formation d'un tubercule tendre et savoureux, furent soumis à la sécheresse pendant quinze jours pour les durcir. Ils furent ensuite arrosés

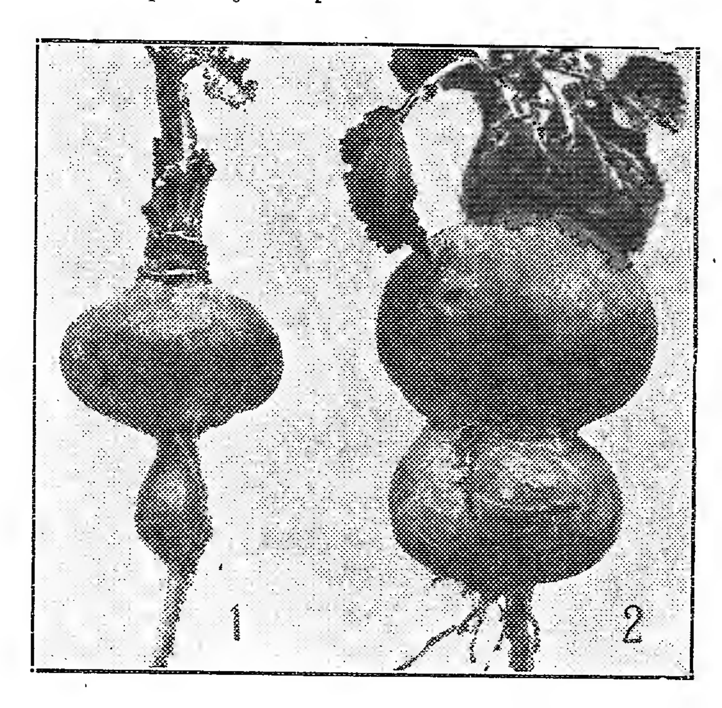


Fig. 1. Fig. 2.

Radis soumis à l'arrosage intermittent, ayant fourni deux tuberculisations inégales superposées.

copieusement pendant huit jours. A ce moment, j'en arrachai la moitié. Chez les uns, les Radis complètement durcis ne présentaient aucune brisure; chez les autres dont la partie basilaire blanche du tubercule était restée tendre, celle-ci s'était fendue en quatre parties, crucialement, ainsi que la racine principale. Je continuai l'arrosage des exemplaires auxquels je n'avais pas touché, puis je les arrachai trois semaines plus tard. Quelques-uns avaient des tubercules normaux; d'autres avaient donné sur leur racine principale un début de tubercule blanc rosé (*fig.* 1); dans quelques rares exemplaires un second tubercule de forme et de couleur analogue au premier s'était formé directement sous celui-ci (*fig.* 2).

Les Radis les premiers arrachés avaient été abandonnés sur le sol,

couchés sur le côté. Arrosés en même temps que les pieds laissés en place, les tubercules et la racine principale émirent des paquets de fines racines et leur végétation recommença bientôt. A la base du tubercule apparurent une ou plusieurs grosses racines destinées à remplacer la racine principale desséchée. Ces racines réparatrices se renflèrent elles-mêmes en emmagasinant du saccharose. Simultanément des rosettes de remplacement se formèrent au sommet du tubercule et leur base se renfla en protubérances qui, en s'ajoutant à celui-ci, lui donnèrent un aspect bosselé très anormal. Rapidement, les rosettes émirent des tiges aériennes avec des fleurs; ainsi le rythme normal de végétation de l'espèce s'était modifié en même temps que la fonction de réserve.

Ces faits suffisent à montrer que la fonction de réserve et ses variations sont en étroite relation avec la météorologie particulière des années et sont, jusqu'à un certain point, sous la dépendance de l'agriculteur qui peut aider ou contrarier la lutte de la plante contre les variations brusques ou lentes des milieux.

M. Ernest Esclangon, faisant hommage à l'Académie d'un volume publié sous sa direction et intitulé : *Catalogue photographique du Ciel; Coordonnées rectilignes*, Tome VII, *Zone* $+ 17°$ *à* $+ 19°$, s'est exprimé en ces termes :

Le présent volume est le dernier de la série des Coordonnées rectilignes du Catalogue photographique dont l'observation et la publication étaient dévolues à l'Observatoire de Paris. Comme pour les précédents, M. Lagarde, astronome titulaire, a eu la charge d'en diriger et contrôler les travaux, travaux de mesure, de calcul, de publication; il s'en est acquitté avec toute la conscience et la compétence désirables.

On sait l'importance considérable de l'œuvre du Catalogue photographique du Ciel, œuvre d'initiative française, répartie, quant à sa réalisation, entre un certain nombre d'observatoires français et étrangers, qui furent à cet effet dotés d'un outillage spécial. Cette œuvre, maintenant près d'être achevée, marque une étape importante dans l'évolution des études astronomiques. Par le Catalogue et la Carte du Ciel se trouvera fixé l'état du Ciel, quant aux positions des étoiles, au début du présent siècle, et cet immense travail servira de base dans l'avenir à d'innombrables recherches fertiles en découvertes.

En ce qui concerne la tâche qui incombait à l'Observatoire de Paris, le

premier volume du Catalogue avait paru en 1902; les suivants se sont succédé aussi rapidement que l'ont permis les circonstances et l'ampleur matérielle du travail à accomplir. L'ensemble témoigne d'un effort considérable, justifié par l'importance exceptionnelle du résultat à obtenir, aujourd'hui acquis.

A cet effort ont participé, sous la direction des Directeurs successifs de l'Observatoire, de nombreux collaborateurs de tous ordres, en premier lieu les frères Henry qui furent en quelque sorte les éminents initiateurs de cette magnifique entreprise.

A tous, vivants ou disparus, au moment où s'achève cette œuvre capitale, nous exprimons les sentiments de vive gratitude qui doivent s'attacher à leur effort et que ne manqueront pas de partager tous les astronomes appelés à bénéficier du travail accompli; ceux de l'avenir plus encore que ceux du présent.

NOMINATIONS.

MM. **A. Lacroix** et **R. Bourgeois** sont désignés pour représenter l'Académie au Comité de patronage du *Tricentenaire de Vauban*, qui sera célébré vers le mois de mai 1933.

L'**Académie** accepte l'invitation qui lui est faite de faire partie du Comité de patronage du *Troisième Congrès du Chauffage industriel* qui se tiendra en octobre 1933.

MM. **E.-L. Bouvier** et **P. Marchal** sont désignés pour représenter l'Académie à la célébration du *Centenaire de l'Entomological Society* de Londres, les 3 et 4 mai 1933.

ÉLECTIONS.

Par l'unanimité des 45 suffrages exprimés, M. **E. Jouguet** est désigné pour faire partie de la *Commission supérieure des Inventions*, en remplacement de M. le général *Gustave Ferrié*, décédé.

CORRESPONDANCE.

La **Société d'Acclimatation** offre à l'Académie une plaquette de M. *Louis Mangin*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Jacques Marette. *La Lumière dans la Projection cinématographique*. (Présenté par M. L. Lumière.)

GÉOMÉTRIE ALGÉBRIQUE. — *Sur les intersections totales mixtes dans l'espace à trois dimensions*. Note de M. **P. Dubreil**.

Nous appellerons intersection totale mixte dans l'espace à trois dimensions l'intersection de trois surfaces algébriques $F_1 = 0$, $F_2 = 0$, $F_3 = 0$ ayant en commun une courbe algébrique irréductible C et, en dehors de cette courbe, un certain système de points $M_1, \ldots, M_k$. M. Enriquès a bien voulu attirer mon attention sur une extension possible du théorème de Noether (dit théorème $Af + B\varphi$) aux intersections totales mixtes et m'a suggéré le théorème suivant :

Théorème I. — *Dans le* cas simple (¹), *si les surfaces de base* F_1, F_2, F_3 *admettent* C *comme courbe multiple d'ordres* r_1, r_2, r_3 *et chaque point* M_i *comme point multiple d'ordres* $r_1^{(i)}, r_2^{(i)}, r_3^{(i)}$, *il suffit pour qu'une forme* $F(x, y, z)$ *satisfasse à l'identité*

$$F \equiv A_1F_1 + A_2F_2 + A_3F_3, \qquad (1)$$

où A_1, A_2, A_3 *sont des formes, que la surface* $F = 0$ *admette* C *comme courbe multiple d'ordre* $r_1 + r_2 + r_3 - 1$, *et chaque point* M_i *comme point multiple d'ordre* $r_1^{(i)} + r_2^{(i)} + r_3^{(i)} - 2$.

(¹) On sait ce que signifie cette expression en ce qui concerne les points M_i. Pour une intersection totale mixte, elle implique en outre que les surfaces de base ne sont pas tangentes deux à deux tout le long de C.

Si la courbe C n'a pas de points singuliers et si les surfaces de bases occupent une position générale les unes par rapport aux autres, on démontre facilement ce théorème en faisant appel aux formules d'équivalence et de postulation et en utilisant une méthode inspirée de celle de L. Scott. Mais il y a avantage à employer un autre procédé qui permet de rattacher le théorème I à des propositions sensiblement plus générales. Nous partirons des remarques suivantes :

L'idéal $\mathfrak{m}=(F_1, F_2, F_3)$ admet des composants primaires relatifs à la courbe C et à chaque point M_i, et de plus, en général, un composant relatif à l'idéal premier (x, y, z, t) que nous appellerons *composant impropre*. Il peut aussi admettre un ou plusieurs composants primaires relatifs à des points de C([1]), ce qui correspond ordinairement au cas où certains des points M_i viennent sur la courbe C. Le théorème I exprime essentiellement que l'idéal $\mathfrak{m}'$ engendré par les formes F satisfaisant aux conditions de l'énoncé, n'admet pas de composant impropre; il exprime aussi que cet idéal n'admet pas de composants primaires relatifs à des points de C, propriété secondaire supposant, comme nous le verrons, qu'il n'existe pas de points M_i sur la courbe C([2]).

Cela étant, considérons l'idéal $\mathfrak{m}_1$, multiple de $\mathfrak{m}$, défini de la manière suivante : $\mathfrak{m}_1$ est l'ensemble des formes $F=A_1F_1+A_2F_2+A_3F_3$ pour lesquelles on a

$$A_i \subset \mathfrak{q}_C[(F_j, F_k)] \qquad (2)$$

la notation $\mathfrak{q}_V(\mathfrak{a})$ désignant le composant primaire de l'idéal $\mathfrak{a}$ relatif à la variété irréductible V. J'ai établi les trois propositions suivantes :

THÉORÈME 1. — *L'idéal* $\mathfrak{m}_1$ *n'a pas de composant impropre* ([3]).

THÉORÈME 2. — *Pour que* $\mathfrak{m}_1$ *admette un composant primaire relatif à un point* A *de* C, *il faut que* A *soit situé sur les courbes* C_1, C_2, C_3, C_i désignant la courbe suivant laquelle les surfaces F_j et F_k se recoupent en dehors de C.

THÉORÈME 3. — *On a*

$$\mathfrak{q}_C(\mathfrak{m}_1)=\mathfrak{q}_C[(F_2F_3, F_3F_1, F_1F_2)], \qquad \mathfrak{q}_{M_i}(\mathfrak{m}_1)=\mathfrak{q}_{M_i}[(F_1, F_2, F_3)].$$

([1]) Il en est ainsi par exemple, pour $r_1=r_2=r_3=1$, en un point de C où les trois surfaces de base sont tangentes à un même plan.

([2]) S'il existe de tels points, on pourra encore, en les considérant comme infiniment voisins de la courbe C, obtenir un énoncé analogue à celui du théorème I.

([3]) J'ai énoncé ce théorème et en ai donné la démonstration en avril 1932 au cours d'une séance du Séminaire mathématique de l'Université de Rome.

Des théorèmes 1 et 2 résulte, *s'il n'existe aucun point commun à* C, C_1, C_2, C_3 — condition α, qui exprime qu'aucun point M_i ne se trouve sur C — le théorème suivant :

Théorème II. — *Toute forme* F *appartenant à* $\mathfrak{q}_c[(F_2F_3, F_3F_1, F_1F_2)]$ *et à* $\mathfrak{q}_{M_i}[(F_1, F_2, F_3)](i = 1, \ldots, k)$, *satisfait à une identité telle que* (1) *avec les relations* (2) *pour les* A_i.

Dans le *cas simple*, ce théorème contient comme cas particulier le théorème I, car l'exposant de $\mathfrak{q}_C(F_2F_3, F_2F_3, F_1F_2)$ est alors précisément

$$\rho_C = r_1 + r_2 + r_3 - 1,$$

celui de $\mathfrak{q}_{M_i}[(F_1, F_2, F_3)]$,

$$\rho_{M_i} = r_1^{(i)} + r_2^{(i)} + r_3^{(i)} - 2.$$

Si la condition α n'est pas vérifiée, il existe une condition nécessaire et suffisante de forme assez simple, pour que $\mathfrak{m}_1$ n'admette pas de composant primaire relatif à un point A commun à C, C_1, C_2, C_3.

Si C est courbe simple pour les trois surfaces de base et si celles-ci ne présentent pas de disposition particulière, la condition α sera vérifiée si C admet des points doubles. C peut aussi admettre des points quadruples, mais la condition α ne peut pas être vérifiée s'il existe un point triple et l'on a alors, en général, un composant primaire relatif à ce point.

Les démonstrations et différents compléments paraîtront ultérieurement.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la dimension linéaire des espaces fonctionnels.* Note [1] de MM. **S. Banach** et **S. Mazur**, présentée par M. Élie Cartan.

Deux espaces linéaires normés X et Y s'appellent *isomorphes*, lorsqu'il existe une opération additive $y = u(x)$ qui transforme X en Y d'une façon biunivoque et bicontinue ; nous dirons que les espaces X et Y sont *de dimension linéaire égale*, lorsque chacun d'eux est isomorphe avec un sous-espace linéaire de l'autre [2]. Nous donnons ici un exemple de deux espaces séparables du type $(\mathcal{B})$ (c'est-à-dire linéaires, normés et complets) qui sont de dimension linéaire égale sans être isomorphes ; la question posée dans le livre cité plus haut, p. 193-194, se trouve donc résolue par la positive.

---

(1) Séance du 27 décembre 1932.

(2) S. Banach, *Théorie des opérations linéaires*, Chap. XI, XII, Warszawa, 1932.

Soit $(\mathcal{W})$ l'espace des fonctions à variation bornée, c'est-à-dire l'espace du type $(\mathcal{B})$, que constitue l'ensemble de toutes les fonctions $x(t)$ à variation bornée dans $< 0, 1 >$ et telles que $x(0) = 0$, avec les définitions habituelles des opérations fondamentales, lorsqu'on définit la norme pour tout $x \in (\mathcal{W})$ par la formule $\|x\| =$ variation $x(t)$; désignons par $(\mathcal{L})$ l'espace des fonctions sommables dans $< 0, 1 >$. En appelant deux espaces linéaires normés X et Y *équivalents* lorsqu'il existe une opération additive $y = U(x)$, qui transforme X en Y de façon que $\|y\| = \|x\|$ pour tout $x \in X$ [1], on a le

Théorème fondamental. — *Tout sous-espace linéaire séparable de l'espace $(\mathcal{W})$ est équivalent à un sous-espace linéaire de l'espace $(\mathcal{L})$.*

Il en résulte, en vertu d'un théorème de M. W. Orlicz [2], le

Théorème I. — *Soit $\{z_n(t)\}$ une suite de fonctions à variation bornée dans $< 0, 1 >$. S'il existe une constante $\mathcal{K}$, telle que*

$$\text{variation } [z_{n_1}(t) + z_{n_2}(t) + \ldots + z_{n_i}(t)] \leqq \mathcal{K},$$

quel que soit le système d'indices différents $n_1, n_2, \ldots, n_i$, on a

$$\text{variation } [z_p(t) + z_{p+1}(t) + \ldots + z_g(t)] \to 0 \quad \text{pour} \quad p, g \to \infty.$$

Ce théorème implique immédiatement le suivant :

Théorème II. — *Soit $\{z_n(t)\}$ une suite de fonctions à variation bornée dans $< 0, 1 >$, telle que*

$$\liminf_{h \to 0} z_n(t+h) \leqq z_n(t) \leqq \limsup_{h \to 0} z_n(t+h)$$

pour $n = 1, 2, \ldots$ et $0 < t < 1$. Si pour toute fonction $x(t)$ continue dans $< 0, 1 >$ la série $\sum_{n=1}^{\infty} \int_0^1 x(t)\, dz_n(t)$ converge absolument, on a

$$\text{variation } [z_p(t) + z_{p+1}(t) + \ldots + z_g(t)] \to 0 \quad \text{pour} \quad p, g \to \infty.$$

Étant donnés deux espaces linéaires normés X et Y, nous dirons que l'espace Y est une *image linéaire* de l'espace X, s'il existe une opération linéaire, c'est-à-dire additive et continue, qui transforme X en Y. En désignant par (C) l'espace des fonctions continues dans $< 0, 1 >$ et par (l)

(1) Les espaces équivalents sont isométriques; la réciproque est aussi vraie. Voir S. Mazur et S. Ulam, *Sur les transformations isométriques d'espaces vectoriels normés* (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 946-948).

(2) W. Orlicz, *Studia Mathematica*, 1, 1929, p. 247.

l'espace des séries absolument convergentes de nombres, on peut démontrer, par une déduction facile du théorème II, le

THÉORÈME III. — *L'espace* (l) *n'est pas une image linéaire de l'espace* (C).

Considérons maintenant l'ensemble $\mathcal{E}$ de toutes les fonctions $x(t)$ continues dans $\langle 0, 1 \rangle$ et telles que la série $\sum_{n=1}^{\infty} x\left(\frac{1}{n}\right)$ converge absolument. L'ensemble $\mathcal{E}$ constitue un espace séparable du type $(\mathcal{B})$, lorsqu'on définit la norme pour tout $x \in \mathcal{E}$ par la formule

$$\|x\| = \max |x(t)| + \sum_{n=1}^{\infty} \left| x\left(\frac{1}{n}\right) \right|$$

et que l'on conserve les définitions habituelles des opérations fondamentales. *Les espaces* (C) *et* $\mathcal{E}$ *sont de dimension linéaire égale*, de plus chacun d'eux est équivalent à un sous-espace linéaire de l'autre ([1]); il résulte cependant du théorème précédent que *ces espaces ne sont pas isomorphes*, et même que l'espace (C) n'est pas une image linéaire de l'espace $\mathcal{E}$.

Parmi d'autres conséquences du théorème III ([2]), notons encore la suivante : Soient X et Y deux espaces du type $(\mathcal{B})$ et $y = \mathfrak{U}(x)$ une opération linéaire définie dans l'ensemble linéaire $\mathcal{R} \subset X$, dont le contre-domaine est situé dans Y. Existe-t-il une opération linéaire $\mathfrak{V}(x)$ définie dans X, ayant son contre-domaine dans Y et telle que $\mathfrak{V}(x) = \mathfrak{U}(x)$ pour $x \in \mathcal{R}$? La réponse est négative. En effet, il suffit de poser $X = Y = (C)$, $\mathfrak{U}(x) = x$ pour $x \in \mathcal{R}$, en désignant par $\mathcal{R}$ un sous-espace linéaire de l'espace (C), isomorphe avec l'espace (l) ([3]).

([1]) Tout espace linéaire, normé et séparable est équivalent à un sous-espace linéaire de l'espace (C). Voir le livre cité, p. 185-188.

([2]) Il résulte du théorème III une solution de quelques problèmes, qui correspondent aux mailles libres du tableau dans le livre cité, p. 245.

([3]) Voir le livre cité, p. 234.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations linéaires aux dérivées partielles du type elliptique.* Note [1] de M. J. Schauder, présentée par M. Élie Cartan.

La méthode que j'ai exposée dans ma Note précédente [2] peut être appliquée sans difficulté au développement du cas des valeurs-limites continues. Pour obtenir le résultat demandé, on s'appuie sur le

Lemme 1'. — *Soit* G *un domaine borné et u une solution dans* G *de l'équation elliptique*

$$(1) \qquad \sum_{i,k=1}^{n} a_{ik}(x_1, x_2, \ldots, x_n) \frac{\partial^2 u}{\partial x_i \partial x_k} = f(x_1, x_2, \ldots, x_n),$$

avec des coefficients a_{ik} *tels que* $\| a_{ik} \|_{\alpha+\varepsilon} \leqq M$, discr. $(a_{ik}) = 1$. *Alors pour tout domaine* R *fermé contenu dans* G, *on a*

$$(2) \qquad \| u \|^{R}_{\alpha,2} \leqq \frac{K(M)}{\delta^{k(n)}} (\text{Max} \,|\, u \,| + \| f \|_{\alpha}),$$

en entendant par k un nombre entier positif.

Le lemme précédent est le nouveau point de départ pour toute la théorie. Je me suis aperçu que les considérations pour arriver au résultat en question se font plus simples et qu'on n'a pas besoin de faire usage du travail de M. Hopf [3]. Donc l'emploi du lemme 1 de ma Note précédente n'est pas maintenant nécessaire. Du lemme 1' résulte le

Théorème 1'. — *Si la solution u possède des dérivées des deux premiers ordres, les dérivées secondes étant continues au sens de Hölder et si* $\| a_{ik} \|_{\alpha+\varepsilon} \leqq M$, *on a* [4]

$$(3) \qquad \| u \|^{G+S}_{\alpha,2} \leqq K_1(M) (\| f \|_{\alpha} + \| \varphi \|_{\alpha,2} + \text{Max} \,|\, u \,|).$$

En partant du fait bien connu que les bornes de la solution u peuvent être limitées *a priori*, on trouve le

---

(1) Séance du 3 janvier 1933.

(2) Nous nous servons des mêmes notations que dans cette Note (*Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1365).

(3) On se sert exclusivement de la théorie de potentiel newtonien.

(4) Le contour S du domaine G est une surface de la classe φ_m.

THÉORÈME 2′. — *Pour les solutions de l'équation* (1), *on a*

$$(4) \qquad \| u \|_{\alpha,2}^{G+S} \leqq K_2(M) (\| f \|_\alpha + \| \varphi \|_{\alpha,2}),$$

pourvu que $\| a_{ik} \|_{\alpha+\varepsilon} \leqq M$ *et que toutes les normes en question existent.*

On déduit de l'inégalité (4) *l'existence* de la solution de l'équation (1) — à coefficients a_{ik} *continus au sens de Hölder* (1) — d'abord pour les valeurs au contour admettant des dérivées des deux premiers ordres et dont les dérivées secondes sont *continues* au sens de Hölder, et ensuite à l'aide du lemme 1′ pour les valeurs au contour *continues*.

On établit *l'existence* de la solution u et les *conditions de Hölder pour les dérivées secondes de* u *au cas de l'équation générale*

$$(5) \quad \Sigma a_{ik} \frac{\partial^2 u}{\partial x_i \, \partial x_k} + \Sigma b_j \frac{\partial u}{\partial x_j} + cu = f; \qquad \| a_{ik} \|_{\alpha+\varepsilon} < \infty, \qquad \| b_j \|_\alpha < \infty, \qquad \| c \|_\alpha < \infty,$$

de la même façon que dans la Note précédente. La théorie, naturellement, peut être employée de même *pour les valeurs au contour continues*, si nous prenons des équations générales (5).

Si les coefficients a_{ik} ne sont que continus, le lemme fondamental (1′) subsiste de même, au moins pour la dimension $n = 2$, dans une forme un peu modifiée.

LEMME 2. — *Si les coefficients* $a_{ik}(x, y)$ *sont* CONTINUS *et si* $|a_{ik}| \leqq M$, discrim. $(a_{ik}) = 1$, *on a, dans tout domaine* R *fermé intérieur à* G, *des bornes*

$$\operatorname*{Max}_{x,y \subset R} |u| + \operatorname*{Max}_{x,y \subset R} |D_1 u| + \int\int_R [D_2 u]^2 \, d\tau \leqq \frac{K_3(M)}{\partial^{k \cdot n}} \left(\operatorname*{Max}_{x,y \subset G} |u| + \int\int_G f^2 \, d\tau \right).$$

Il est possible qu'une relation analogue ait lieu aussi au cas des dimensions $n > 2$. Peut-être l'inégalité précédente sera-t-elle un instrument pour traiter les équations du type elliptique, dont les coefficients a_{ik} sont simplement continus (2).

Il n'y aura pas probablement de difficultés essentielles dans l'application de cette méthode aux autres problèmes aux limites.

---

(1) a_{ik} représentant donc un degré de généralité analogue à celui de M. Gevrey (*Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 9, 1930, p. 1-80).

(2) En supposant naturellement que les $D_2 u$ existent presque partout.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un problème mixte dans l'anneau circulaire*. Note de M. **Caïus Jacob**, présentée par M. Henri Villat.

1. Le problème de la détermination d'une fonction holomorphe à l'intérieur d'un domaine, connaissant les valeurs de sa partie réelle sur des portions du contour et les valeurs de sa partie imaginaire sur le reste du contour, a été étudié par MM. V. Volterra (*Annali di Matematica*, t. 11, 1883), H. Villat (*Acta Mathematica*, t. 40), V. Valcovici (*Bulletin scientifique de l'Académie roumaine*, 1915-1916), A. Signorini (*Annali di Matematica*, t. 25, 1916), et la solution effective a été construite dans le cas du cercle. Plus récemment, M. B. Demtchenko a donné la solution explicite dans le cas de l'anneau circulaire (*Comptes rendus*, 192, 1931, p. 141).

Dans ce qui suit, nous nous proposons de donner la solution générale du problème lorsqu'on connaît une solution particulière.

Considérons une couronne circulaire de rayons 1 et

$$q = e^{-\frac{\pi\omega}{i\omega_1}} \qquad \left(\omega_1 > 0, \frac{\omega_3}{i} > 0\right),$$

ou, ce qui revient au même, un rectangle de côtés $2\omega_1$ et ω_3/i dans le plan (u), et dont les frontières verticales ne sont pas considérées comme distinctes. Le segment $(0, 2\omega_1)$ est divisé en $2p$ segments ϑ_n, ϑ'_n par les points u_n, $u'_n (n = 1, 2, \ldots, p)$, et le segment $(\omega_3, 2\omega_1 + \omega_3)$ en $2q$ segments π_n, π'_n par les points $\varpi_n + \omega_3$, $\varpi'_n + \omega_3 (n = 1, 2, \ldots, q)$.

On se propose de construire une fonction analytique $f(u)$, ayant à l'intérieur du rectangle un certain nombre de zéros $(u_h = a_h + ib_h)$ d'ordres m_h, et de pôles $(u_j = c_j + id_j)$ d'ordres n_j, dont la partie réelle prenne des valeurs données sur ϑ_n et Π_n et dont la partie imaginaire prenne des valeurs également données sur ϑ'_n et Π'_n. On suppose qu'au voisinage d'un nombre fini de points des deux frontières, $f(u)$ se comporte comme $1/(u - u')^{\mu}$, μ étant un nombre réel, ou même comme $e^{\frac{A_l}{u-u_l}}$ sur le bord inférieur, et comme $e^{\frac{B_K}{u-u_K-\omega_3}}$ sur le bord supérieur; A_l et B_K sont des nombres réels. On admet de plus que la fonction $f(u)$ vérifie la relation

$$(1) \qquad f(u + 2\omega_1) = e^{K} f(u) \qquad (K = K_1 + i K_2 \text{ étant une constante}).$$

2. Soit $F(u)$ la différence de deux solutions du problème; la fonction

$$(2)\qquad \Phi(u) = \log F(u) - \sum_h m_h \log \frac{\sigma(a_h + ib_h - u)\,\sigma(u - a_h + ib_h)}{\sigma^2(u - a_h)\,\sigma^2(ib_h)} + \sum_j n_j \log \frac{\sigma(c_j + id_j - u)\,\sigma(u - c_j + id_j)}{\sigma^2(u - c_j)\,\sigma^2(id_j)},$$

où σu est construite sur les périodes $2\omega_1$ et $2\omega_3$, n'a pas de singularités à l'intérieur du rectangle; sur les frontières elle présente des singularités logarithmiques et polaires.

Elle est multiforme, avec la constante cyclique K. Sa partie imaginaire prend sur $\Im_n$ et Π_n les valeurs $(k_n = 1/2)\pi$ et $(s_n + 1/2)\pi$, sur $\Im'_n$ et Π'_n les valeurs $k'_n\pi$ et $s_n\pi$; k_n, k'_n, s_n, s'_n sont des nombres entiers qui peuvent changer de valeur même à l'intérieur des intervalles considérés, en α_n et α'_n points sur $\Im_n$ et $\Im'_n$, en β_n et β'_n points sur Π_n et Π'_n. On désigne par t_λ les points de division situés sur le bord inférieur (les points u_n, u'_n et les points de subdivision des intervalles $\Im_n$ et $\Im'_n$) et par k_λ les entiers correspondants $(\lambda = 1, 2, \ldots, r)$. De même, on désigne par $z_\lambda + \omega_3$ tous les points de division du bord supérieur et par s_λ les entiers correspondants $(\lambda = 1, 2, \ldots, \rho)$.

Cela posé, la formule de décomposition d'Hermite appliquée à la fonction doublement périodique (par prolongement analytique) $d\Phi(u)/du$, ou la formule de M. Villat ([1]), complétée par M. Demtchenko ([2]) dans le cas des pôles simples sur les frontières, appliquée à $\Phi(u)$, permettent de donner à $F(u)$ la forme suivante :

$$(3)\qquad F(u) = C e^{-\frac{\eta_3 K_1}{i\pi} u + \sum_l A_l \zeta(u - u_l) + \sum_k B_k \zeta_3(u - u_k)} \times \prod_n [p(u - a_h) - p(ib_j)]^{m_h} \prod_j [p(u - c_j) - p(id_j)]^{-n_j} \times \prod_{\lambda=1}^{r} \sigma(t_\lambda - u)^{k_{\lambda-1} - k_\lambda} \prod_{\lambda=1}^{\rho} \sigma_3(z_\lambda - u)^{s_\lambda - s_{\lambda-1}} \times \prod_{n=1}^{p} \sqrt{\frac{\sigma(u'_n - u)}{\sigma(u_n - u)}} \prod_{n=1}^{q} \sqrt{\frac{\sigma_3(w_n - u)}{\sigma_3(w'_n - u)}} \left(\frac{\sigma_3 u}{\sigma u}\right)^{\frac{K_2}{\pi}}$$

$$\left[r = 2p + \sum_{n=1}^{p} (\alpha_n + \alpha'_n);\ p = 2q + \sum_{n=1}^{q} (\beta_n + \beta'_n);\ k_0 + k_r,\ s_0 = s_p \right]$$

C est une constante réelle.

([1]) H. Villat, *Rendiconti di Palermo*, 33, 1912, p. 134.

([2]) B. Demtchenko, *Journal de Mathématiques*, 9e série, 10, 1931, p. 201.

On doit avoir entre les données la relation

$$(4) \quad \sum_{\lambda=1}^{r} t_\lambda(k_{\lambda-1}-k_\lambda) - \sum_{\lambda=1}^{p} \varpi_\lambda(s_{\lambda-1}-s_\lambda) + \frac{1}{2}\sum_{n=1}^{p}(u'_n-u_n) - \frac{1}{2}\sum_{n=1}^{q}(w'_n-w_n) - \sum_h A_h - \sum_k B_k + \frac{K_1\omega_3}{i\pi} = 0,$$

moyennant laquelle la condition (1) est vérifiée.

$F_0(u)$ étant une solution particulière du problème initial (qu'on peut construire sous certaines conditions), la solution générale du problème est

$$(5) \qquad f(u) = F_0(u) + F(u).$$

La formule (3) généralise celle donnée par M. Valcovici [1] pour le cercle.

Il est évident que la méthode du prolongement analytique permet de traiter le cas où $f(u)$ se comporte en certains points des frontières connues $e^{\frac{A}{(u-u')^\nu}}$, ν étant un nombre entier quelconque. Remarquons enfin, qu'au moyen de la fonction $\int F(u)\,du$, on peut construire la solution générale du problème de la détermination d'une fonction harmonique dont on connaît les valeurs sur des portions du contour, la dérivée normale prenant des valeurs connues sur les autres portions du contour.

CALCUL GRAPHOMÉCANIQUE [2]. — *Sur le planimètre d'Amsler.* Note de M. **J. Colomb**, présentée par M. d'Ocagne.

Le problème général concernant ce planimètre consiste à évaluer la rotation de la roulette correspondant au parcours par le style d'un arc de courbe non fermé. Resal a donné une solution de ce problème [3], mais ayant abouti à une quadrature portant sur la racine d'un polynome du 4e degré, il en a conclu que la question dépendait des fonctions elliptiques; simple inadvertance de sa part. Nous allons faire voir ici qu'en réalité cette quadrature se ramène aux fonctions circulaires, et que le résultat peut même être mis sous une forme remarquablement simple.

---

(1) V. Valcovici, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1264.

(2) Troisième classe des procédés de calcul de la classification générale de M. d'Ocagne. Voir *Le calcul simplifié*, 3e édition, 1928, p. 20 et 93.

(3) *Comptes rendus*, 77, 1873, p. 509.

Soit AB la tige principale du planimètre, articulée en A avec la tige OA pivotant autour du point fixe O. Cette tige AB porte en B le style-traceur, en C la roulette d'axe parallèle à AB.

Tout d'abord, voici les notations de Resal :

r, r', a, les longueurs constantes OA, AB, AC;

α, α', α'', les angles en O, en B et en A du triangle OAB;

R, le rayon vecteur OB;

θ, l'angle qu'il forme avec un axe fixe, issu de O;

R et θ étant ainsi les coordonnées polaires de la courbe (H) suivie par le style;

σ, l'arc dont a tourné la roulette, lorsque le style a parcouru, sur la courbe (H), un arc dont les points extrêmes ont pour coordonnées (R_0, θ_0) et (R, θ).

Pour abréger l'écriture, nous emploierons les notations suivantes :

$r'^2 + r^2 = m^2$, $r'^2 - r^2 = n^2$ (en supposant $r' < r$, comme dans la figure de Résal);

$m^2 + 2ar' = k^2$; $\sqrt{-R^4 + 2m^2R^2 - n^4} = \Delta$.

Avec ces notations, et après quelques transformations faciles, l'équation finale de Resal peut s'écrire

$$(1) \qquad \sigma = \frac{1}{2r'}\left[(R^2 - k^2)(\theta - \theta_0) + \int_{R_0}^{R} \frac{R^4 + 2(ar' - r^2)R^2 - k^2n^2}{\Delta}\frac{dR}{R}\right].$$

L'intégrale qui y figure, et que nous désignerons par I,

$$I = \int \frac{R^4 + 2(ar' - r^2)R^2 - k^2n^2}{\Delta}\frac{dR}{R}$$

rentre dans un type classique, l'expression sous le signe $\int$ étant le quotient d'une fonction rationnelle par la racine carrée d'un polynome du quatrième degré.

Mais, ce polynome ne contenant que les puissances *paires* de la variable (R^4, R^2), le changement de variable

$$R^2 = x$$

donne

$$2I = \int \frac{x^2 + 2(ar' - r^2)x - k^2n^2}{\Delta}\frac{dx}{x},$$

Δ étant maintenant $\sqrt{-x^2 + 2m^2x - n^4}$, soit la racine carrée d'un simple trinome du *second degré*. Nous avons donc

$$(2) \qquad 2I = I_1 + 2(ar' - r^2)I_2 - k^2n^2I_3,$$

en posant

$$I_1 = \int \frac{x\,dx}{\Delta}, \qquad I_2 = \int \frac{dx}{\Delta}, \qquad I_3 = \int \frac{dx}{x\Delta}.$$

Chacune de ces intégrales pouvant être obtenue par les méthodes classiques du calcul intégral, on trouve ainsi

$$I_1 = -\Delta + m^2 \arcsin \frac{x - m^2}{2rr'}; \qquad I_2 = \arcsin \frac{x - m^2}{2rr'}; \qquad I_3 = \frac{1}{n^2} \arcsin \frac{m^2 x - n^4}{x.2rr'}.$$

En revenant de la variable x à R^2, la formule (2) ci-dessus devient donc

$$(3) \quad 2I = -\sqrt{-R^4 + 2m^2R^2 - n^4} + (k^2 - 2r^2) \arcsin \frac{R^2 - m^2}{2rr'} - k^2 \arcsin \frac{m^2R^2 - n^4}{R^2 - 2rr'}.$$

On voit donc que l'intégrale de Resal ne dépend en réalité que de la seule fonction *circulaire-inverse arc sinus*.

Cette formule (3) est du reste susceptible de transformations intéressantes.

Tout d'abord, la décomposition en facteurs du trinome sous le radical nous donne

$$\begin{aligned} \Delta^2 &= -[R^4 - 2m^2R^2 + n^4] = [R^2 - (r + r')^2][R^2 - (r' - r)^2], \\ &= (R + r + r')(-R + r + r')(R - r + r')(R + r - r'), \\ &= 16S^2 \end{aligned}$$

ou

$$\Delta = 4S,$$

en représentant par S la surface du triangle OAB, dont les côtés sont R, r et r'.

Le premier terme de la formule (3) est donc $-4S$.

Des calculs, dont le détail assez laborieux sera publié ailleurs, nous ont permis, par l'introduction des angles du triangle OAB, de mettre l'expression de l'intégrale I sous la forme

$$-I = 2S + k^2\alpha' + r^2\alpha''.$$

Finalement, la solution générale du problème envisagé se présente sous la forme

$$\sigma = \frac{1}{2r'} \{ (R^2 - k^2)(\theta - \theta_0) - [2S + k^2\alpha' + r^2\alpha'']_0^1 \},$$

la notation $[\quad]_0^1$ indiquant la variation de la quantité entre crochets quand on passe de la position initiale à la position finale pour le parcours considéré.

CALCUL NOMOMÉCANIQUE ([1]). — *Sur un nouvel appareil de calcul avec échelles logarithmiques.* Note de M. **Pol Ravigneaux**, présentée par M. d'Ocagne.

1. Pour éviter, comme on est astreint à le faire avec les règles à calcul, d'avoir à se reporter le long des graduations pour y constater des coïncidences en deux points plus ou moins éloignés l'un de l'autre, je me suis proposé de combiner un appareil ne comportant de lecture qu'en un seul point, et disposé de telle façon que, deux nombres x et y étant en coïncidence sur deux graduations, on trouve inscrit en regard leur produit z sur une troisième graduation.

On peut y arriver en observant les règles suivantes :

1° On accole les uns aux autres trois supports, X, Y, Z, portant respectivement trois échelles avec graduations logarithmiques de modules μ_1, μ_2 pour les facteurs et μ_3 pour le produit.

2° Les modules sont liés par la relation

$$\frac{1}{\mu_1}+\frac{1}{\mu_2}=\frac{1}{\mu_3}. \tag{1}$$

3° Les supports sont asservis par une liaison mécanique telle que — le support Z de la graduation z, par exemple, correspondant au produit, étant fixe — le rapport des déplacements (X) de la graduation x à celui (Y) de la graduation y est représenté par la fonction suivante des modules :

$$\frac{(X)}{(Y)}=-\frac{\mu_1}{\mu_2}. \tag{2}$$

4° Enfin, on suppose que pour une certaine position des supports, on a établi initialement la coïncidence des origines des graduations.

Le rapport des déplacements de Y et de Z lorsque X reste fixe, peut s'écrire directement, par application de la méthode indiquée dans une Note précédente ([2]),

$$\frac{(Y)}{(Z)}=\frac{\mu_2}{\mu_3}.$$

([1]) Cinquième classe des procédés de calcul de la classification générale de M. d'Ocagne. Voir *Le calcul simplifié*, 3e édition, 1928, p. 20 et 139.

([2]) *Comptes rendus*, **172**, 1921, p. 361.

Cette condition est équivalente à la précédente (2), compte tenu de la relation (1).

2. La façon la plus simple de réaliser l'appareil consiste à prendre comme supports trois tambours de même axe et de même rayon, reliés par un mécanisme épicycloïdal. Ces tambours portent directement les graduations, ou entraînent, par une denture appropriée, des films restant appliqués sur leur périphérie, films dont les graduations peuvent être établies à échelle beaucoup plus grande, donnant, par conséquent, une précision supérieure.

3. J'étais arrivé à ces conclusions théoriques et pratiques par une analyse directe de la question; mais il y a lieu de signaler que les relations (1) et (2), inscrites ci-dessus, sont précisément celles définissant les conditions du tracé d'un nomogramme à points alignés dû à M. Maurice d'Ocagne (1).

L'appareil que j'ai imaginé est en quelque sorte la traduction mécanique de ce nomogramme. Celui-ci est constitué par le tracé de trois droites parallèles graduées logarithmiquement avec des modules μ_1, μ_2, μ_3, liés par la relation (1), les distances respectives de celles portant les graduations X et Y à celle portant la graduation Z étant dans le rapport défini par (2); en toutes ses positions, l'index rectiligne servant à la lecture coupe les trois graduations en des points x, y, z, tels que $xy = z$.

Le jeu de l'appareil mécanique ici décrit revient à donner aux échelles X et Y, par rapport à Z, des déplacements simultanés tels que la direction de l'index unissant les points x, y, z, soit perpendiculaire aux échelles. Cela donne précisément pour ces déplacements le rapport indiqué ci-dessus par la formule (2). Ce sont ces déplacements que réalise automatiquement le nouvel appareil décrit dans la présente Note.

CHRONOMÉTRIE. — *De l'influence des trépidations sur la marche des chronomètres*. Note de M. **G. P. Arcay**, présentée par M. A. Cotton.

1. Au cours de mes recherches (2) sur l'influence des trépidations sur la marche des chronomètres, j'ai trouvé les mêmes résultats expérimentaux

(1) *Traité de Nomographie*, 2e édition, 1921, p. 178.

(2) *Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 1125. On trouvera dans cette Note une bibliographie succincte de la question.

que M. J. Granier (¹) : perte d'amplitude des oscillations du balancier, fonction de la fréquence des trépidations et augmentation de la période des oscillations qui, après la suppression des vibrations, conserve toujours une valeur un peu supérieure à sa valeur primitive.

2. Pour expliquer ce retard des chronomètres, je n'ai pas fait intervenir la déformation du spiral sous l'influence de la résonance, car cette déformation aurait pour effet en appuyant le spiral soit sur le coq, soit sur le balancier, d'en diminuer la partie active ce qui entraînerait une avance de plusieurs minutes par heure. L'hypothèse d'un freinage du balancier par le spiral déformé, compensant cette action, ne résiste pas à l'examen. D'une part l'expérience montre que la résonance et, par suite, la déformation, cessent brusquement au moment où le spiral vient, par l'un de ses points, rencontrer un obstacle; d'autre part la diminution de la longueur donnant une impulsion agissant dans le sens du mouvement avant le passage au point mort, en sens inverse après le point mort, a encore pour conséquence une avance.

3. Entre un spiral dont les deux extrémités sont fixées et qu'il est très facile de faire entrer en résonance et le spiral d'un chronomètre en marche, il y a une différence essentielle que l'on aperçoit immédiatement si l'on assimile, en première approximation, un spiral à une corde rigide, encastrée à ses extrémités; dans le premier cas, la tension de la corde est invariable, dans le cas normal, sa tension change à chaque instant au cours de l'oscillation de l'organe réglant, de telle sorte que sa période propre varie périodiquement et très rapidement puisque la période du système balancier spiral est $0^s,4$.

4. On peut, par une expérience très simple, vérifier ce raisonnement. Sur une plaque de laiton, disposons, comme dans un chronomètre, mais de telle sorte qu'aucun obstacle ne puisse gêner sa déformation, le spiral étudié, c'est-à-dire fixons son extrémité extérieure à une tige rigide et son extrémité intérieure à une virole solidaire d'un long axe que l'on peut faire tourner à l'aide d'une poulie commandée par un fil. Appuyons légèrement la plaque sur l'axe d'un moteur électrique portant une came de forme convenable et réglons la vitesse du moteur pour que le spiral soit en résonance, il suffit d'armer ou de désarmer légèrement le spiral pour faire cesser cette résonance. La vitesse du moteur étant maintenue constante, on observe, en armant et désarmant alternativement le spiral, lorsque le mouvement est

(¹) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1224.

très lent, qu'à chaque passage par la position d'équilibre, le spiral tend à se déformer mais lorsque la cadence est voisine de 2,5 par seconde, le spiral demeure rigoureusement plan.

En utilisant un stroboscope à corde Guillet j'ai trouvé, au cours d'une de mes expériences faite avec un spiral d'acier de $11{,}5^{mm}$ de diamètre extérieur, de $0^{mm},25$ de hauteur et de $0^{mm},08$ d'épaisseur de lame, ayant 18 spires, que la fréquence de résonance était de $17{,}8 \pm 1{,}3$ suivant que le spiral était armé ou désarmé d'un tour.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *L'influence de la température sur la stabilité des mouvements giratoires des fluides.* Note de M. **Constantin Woronetz**, présentée par M. Henri Villat.

Dans ses travaux sur le pouvoir refroidissant des fluides, J. Boussinesq (1) a réussi à simplifier sensiblement les équations du mouvement, en démontrant que la densité du fluide peut être considérée comme constante, pourvu qu'une petite force antagoniste $\rho g \alpha T$, proportionnelle à l'échauffement T, soit adjointe au poids normal ρg de l'unité de volume; α désigne le coefficient de la dilatation cubique thermique. Lord Rayleigh (2) a utilisé cette méthode analytique de J. Boussinesq pour donner une base théorique aux recherches expérimentales de M. H. Bénard (3) sur les tourbillons cellulaires.

J. Boussinesq a établi sa méthode ayant en vue l'effet de la pesanteur, mais cette méthode peut être aussi appliquée dans les cas où interviennent d'autres forces, ainsi que les forces d'inertie, comme l'a indiqué M. D. Riabouchinsky (4). Considérons, par exemple, une masse fluide entre deux cylindres circulaires coaxiaux de rayons R_1 et R_2 ($R_2 > R_1$), animés de rotation uniforme Ω et maintenus à des températures constantes T' et T''. Désignons par u, v, w les petites vitesses du mouvement troublé et supposons que ces vitesses ne dépendent pas de l'angle polaire θ. Le terme $\rho\Omega^2 r$, qui apparaît dans les équations de Navier, écrites en coordonnées cylin-

(1) *Comptes rendus*, **132**, 1901, p. 1382; *Théorie analytique de la chaleur*, 2, 1903, p. 172.

(2) *Phil. Mag.*, **32**, 1916, p. 529.

(3) *Rev. gén. des Sciences*, **12**, 1900, p. 1261 et 1309.

(4) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 576.

driques r, θ, z, correspond à la force centrifuge et joue un rôle analogue au terme ρg du problème de Boussinesq. En ajoutant une force antagoniste $\rho\Omega^2\alpha r(T+T_0)$ et en négligeant les petits termes de deuxième ordre, nous obtenons les équations :

$$\frac{1}{\rho}\frac{\partial P}{\partial r}+\Omega^2\alpha r T=-\frac{\partial u}{\partial t}+2\Omega v+\nu\left(\frac{\partial^2 u}{\partial r^2}+\frac{1}{r}\frac{\partial u}{\partial r}+\frac{\partial^2 u}{\partial z^2}-\frac{u}{r^2}\right),$$

$$0=-\frac{\partial v}{\partial t}-2\Omega u+\nu\left(\frac{\partial^2 v}{\partial r^2}+\frac{1}{r}\frac{\partial v}{\partial r}+\frac{\partial^2 v}{\partial z^2}-\frac{v}{r^2}\right),$$

$$\frac{1}{\rho}\frac{\partial P}{\partial z}=-\frac{\partial w}{\partial t}+\nu\left(\frac{\partial^2 w}{\partial r^2}+\frac{1}{r}\frac{\partial w}{\partial r}+\frac{\partial^2 w}{\partial z^2}\right),$$

$$\frac{\partial T}{\partial t}+\beta\frac{u}{r}=k\left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2}+\frac{1}{r}\frac{\partial T}{\partial r}+\frac{\partial^2 T}{\partial z^2}\right),\qquad \frac{\partial u}{\partial r}+\frac{u}{r}+\frac{\partial w}{\partial z}=0,$$

où β/r est le gradient de la température T_0 du mouvement initial non perturbé, ν et k désignent le coefficient de viscosité cinématique et celui de conductibilité, et où la pression p est remplacée par

$$P=p-\frac{1}{2}\rho\Omega^2 r^2+\rho\Omega^2\alpha\int T_0\,dr.$$

D'après les conditions aux limites, u, v, w et T s'annulent pour $r=R_1$ et $r=R_2$. Remarquons, cependant, que l'annulation aux parois de la composante w n'est plus obligatoire, si le fluide est parfait.

Cherchons par analogie avec les recherches de Taylor ([1]), mais en tenant compte de la température, les solutions sous la forme

$$u=u_1\cos\lambda z e^{\sigma t},\qquad v=v_1\cos\lambda z e^{\sigma t},\qquad w=w_1\sin\lambda z e^{\sigma t},\qquad T=T_1\cos\lambda z e^{\sigma t},$$

où λ et σ sont des constantes et u_1, v_1, w_1, T_1, des fonctions de r seulement. Supposons les rayons R_1 et R_2 assez grands par rapport à leur différence $R_2-R_1=d$ pour qu'on puisse négliger $1/r$ comparativement à d/dr, comme l'a fait H. Jeffreis ([2]) en discutant le problème de Taylor. Les équations différentielles admettent, alors, des solutions où u_1, v_1, rT_1 et dw_1/dr sont proportionnels à $\sin(r-R_1)\pi/d$. Dans le cas des fluides parfaits ($\nu=0$), les coefficients sont liés par l'équation

$$\left(\lambda^2+\frac{\pi^2}{d^2}\right)\sigma^3+k\left(\lambda^2+\frac{\pi^2}{d^2}\right)^2\sigma^2+\Omega^2\lambda^2(4-\alpha\beta)\sigma+4k\Omega^2\lambda^2\left(\lambda^2+\frac{\pi^2}{d^2}\right)=0.$$

Cette équation détermine les conditions de stabilité, car le mouvement

---

([1]) *Phil. Trans. of the Roy. Soc.*, série A, **223**, 1923, p. 289.

([2]) *Proc. Roy. Soc.*, A, **118**, 1928, p. 195.

est stable ou non selon que σ est < 0 ou > 0. On voit que l'instabilité peut avoir lieu seulement si β est positif et $\alpha\beta > 4$. On peut satisfaire à cette inégalité en prenant, par exemple, $\alpha = 0{,}001$ (essence de térébenthine), $R_1 = 50^{cm}$, $R_2 = 51^{cm}$, $T'' - T' = 85^\circ$ C. Cherchons les valeurs de λ qui correspondent à la plus grande instabilité du mouvement. Après la différentiation par rapport à λ et élimination de σ on obtient, en introduisant les quantités sans dimensions x, y, η, l'équation

$$4y^2 + [(4+\eta)^2 - 4\eta(4+\eta)x + \eta(12+5\eta)x^2 - 2\eta^2 x^3]y - \eta^3 x^4 (1-x)^2 = 0,$$

$$x = \frac{\pi^2}{\lambda^2 d^2 + \pi^2}, \qquad y = \frac{k^2 \pi^2}{\Omega^2 d^2}, \qquad \eta = \alpha\beta - 4,$$

qui détermine λ en fonction de Ω. Calculons la longueur de l'onde $l = 2\pi/\lambda$, devant apparaître la première lorsqu'on augmente progressivement la vitesse angulaire Ω. On trouve qu'à la valeur minima de Ω correspond la valeur d'onde $l/d = 2\sqrt{2}$, donc la même valeur que celle qu'avait trouvée Lord Rayleigh dans le problème mentionné plus haut.

Il est facile de généraliser cette théorie dans le cas des fluides visqueux, en faisant les mêmes approximations. On peut aussi exprimer les solutions exactes du problème en séries de fonctions de Bessel; l'équation de stabilité prend alors la forme d'un déterminant infini égalé à zéro.

ASTROPHYSIQUE. — *Brillance des nébuleuses extragalactiques et absorption de la lumière dans la Voie lactée.* Note de M. **J. Dufay**, présentée par M. Ch. Fabry.

I. Des recherches récentes sur les amas ouverts, la densité spatiale des étoiles faibles et leurs indices de couleur ont conduit à admettre l'existence d'une couche absorbante relativement mince, localisée au voisinage du plan galactique (¹). Van de Kamp (²), Mineur et Machiels (³) viennent d'interpréter, dans cette hypothèse, la distribution apparente des nébuleuses extragalactiques.

Si la couche absorbante existe, la brillance moyenne des nébuleuses

(¹) Voir, par exemple : Mineur, *Bulletin de la Société astronomique de France*, 45, 1931, p. 348.

(²) *Astronomical Journal*, 42, 1932, p. 97.

(³) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1234.

spirales doit décroître progressivement avec la latitude galactique. Au contraire, si la matière absorbante est tout entière condensée dans certaines régions de la Voie lactée, sous forme de nuages distincts, la brillance des quelques nébuleuses visibles dans l'intervalle des nuages peut ne pas être altérée. L'étude statistque de la brillance des nébuleuses extragalactiques paraît ainsi susceptible de renseigner sur la distribution de la matière absorbante.

2. Les mesures photométriques dont on dispose sont encore peu nombreuses et souvent incertaines. Celles de Wirtz (*Meddeländen Lund*, série II, n° 29, p. 1) sont parmi les plus sûres; elles ont l'avantage de porter sur les brillances elles-mêmes et non sur les magnitudes globales. Le catalogue de Wirtz comprend environ 500 nébuleuses extragalactiques, mais, comme les nébuleuses des diverses classes ont des brillances très différentes, il m'a paru nécessaire de restreindre mon étude aux nébuleuses dont Hubble a déterminé le type (¹).

J'ai réparti ces nébuleuses en quatre groupes : Eo à E4 (52); Sa et SBa (59); Sb et SBb (58); Sc et SBc (75). Dans chacun d'eux, j'ai constaté l'existence d'une corrélation notable entre la brillance, exprimée en magnitudes, et le logarithme du diamètre apparent mesuré par Hubble (¹). Cette relation peut être mise sous la forme

$$\mu = \mu_1 - p \log d, \tag{1}$$

dans laquelle μ est la magnitude correspondant à un cercle de 1′ de diamètre et d le diamètre apparent en minutes. Les deux constantes μ_1 et p ont été, pour chaque groupe, déterminées par la méthode d'Hertzsprung (*Lei-den Annals*, 14, Partie I, p. 5).

Un tel effet pourrait résulter d'une faible absorption de la lumière dans l'espace extragalactique (moins de 0,4 magnitude pour 10^6 parsecs). Je pense qu'il provient plutôt de la méthode photométrique de Wirtz : pour les grandes nébuleuses, la mesure doit porter sur la région centrale, la plus brillante.

Dans les deux cas, il convient ici de ramener toutes les magnitudes surfaciques μ à un même diamètre, par exemple 1′. C'est ce que j'ai fait au moyen des équations (1). Enfin, pour éviter l'erreur qui pourrait résulter d'une inégale répartition galactique des différents types de nébuleuses, je

(¹) *Astrophysical Journal*, 64, 1926, p. 321.

les ai toutes ramenées à un même type, en utilisant les constantes μ_1 déterminées plus haut. Soit μ' les magnitudes surfaciques obtenues ainsi.

3. Si l'on admet en première approximation avec Trumpler et Van de Kamp, que la matière absorbante est répandue d'une manière uniforme entre deux plans parallèles au plan galactique, μ' doit varier avec la latitude galactique b suivant la loi

$$\mu' = \mu'_0 + C \operatorname{cos\acute{e}c} b, \tag{2}$$

C est l'absorption, exprimée en magnitude, dans la direction du pôle galactique nord ou sud. Chaque nébuleuse a fourni une équation du type (2) et l'ensemble a été traité par la méthode des moindres carrés. J'ai obtenu respectivement pour l'hémisphère nord (199 nébuleuses) et pour l'hémisphère sud (45 nébuleuses) :

$$C_N = 0,039 \text{ magn.} \quad \text{et} \quad C_S = 0,099 \text{ magn.}$$

Mais les erreurs à craindre sur ces coefficients sont du même ordre de grandeur que les coefficients eux-mêmes. Cette imprécision provient d'une part de la dispersion des brillances individuelles, d'autre part du petit nombre de nébuleuses dont on dispose dans les basses latitudes galactiques.

Ainsi l'hypothèse de l'absorption de Trumpler ne s'impose pas pour représenter les résultats des mesures de brillance.

4. Toutefois, si l'on admet cette hypothèse, les valeurs numériques des coefficients C_N et C_S s'accordent très bien avec l'ensemble des faits connus.

En désignant par z la cote du Soleil au-dessus du plan galactique, par h la demi-épaisseur du milieu absorbant et par K le coefficient d'absorption, on a

$$Kz = \frac{C_S - C_N}{2} = 0,030 \text{ magn.} \quad \text{et} \quad Kh = \frac{C_N + C_S}{2} = 0,069 \text{ magn.}$$

Dans le cas des observations visuelles, le coefficient d'absorption de Trumpler et Van de Kamp est 0,3 magn. pour un kiloparsec. En adoptant cette valeur, on trouve

$$z = 100 \text{ parsecs} \quad \text{et} \quad h = 230 \text{ parsecs}.$$

Le Soleil serait à 100 parsecs au nord du plan galactique, résultat conforme à celui de Mineur et Machiels et à ceux de Shapley [1].

La demi-épaisseur du milieu absorbant, beaucoup plus faible que celle

---

[1] *Astrophysical Journal*, 149, 1919, p. 311.

obtenue par Van de Kamp, Mineur et Machiels, correspond à celle du système local déterminée par Malmquist (*Meddeländen Lund*, série II, n° 37. Voir aussi l'ensemble des déterminations dans *Bulletin Société astronomique de France*, 45, 1931, p. 341) et par Shapley [1].

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur un problème de la diffraction des ondes.* Note [2] de M. S. **Soboleff**, présentée par M. Hadamard.

Dans une Note précédente [3], nous avons trouvé la solution de l'équation d'onde

$$\frac{\partial^2 u}{\partial \rho^2} + \frac{1}{\rho}\frac{\partial u}{\partial \rho} + \frac{1}{\rho^2}\frac{\partial^2 u}{\partial \varphi^2} = \frac{1}{a^2}\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \tag{1}$$

sur la surface de Riemann R à points logarithmiques sous des conditions initiales données. Appliquons maintenant ce résultat à la résolution du problème de la diffraction sur un plan à un feuillet par rapport à un angle quelconque, avec conditions initiales données sur ce plan.

Supposons que les vibrations ont lieu dans l'angle

$$0 \leqq \varphi \leqq \alpha \leqq 2\pi. \tag{2}$$

Nous prendrons les conditions aux limites sur les côtés de l'angle sous la forme

$$\begin{cases} (a) & (u)_{\varphi=0} = 0, \quad (u)_{\varphi=\alpha} = 0, \\ (b) & \left(\frac{\partial u}{\partial \varphi}\right)_{\varphi=0} = 0, \quad \left(\frac{\partial u}{\partial \varphi}\right)_{\varphi=\alpha} = 0. \end{cases} \tag{3}$$

Pour résoudre le problème posé, nous étendrons les conditions initiales données dans l'angle (2) sur toute la surface R. Par exemple, pour le cas (2), nous prolongerons ces conditions dans l'angle $-\alpha \leqq \varphi \leqq 0$ d'une façon impaire et ensuite avec la période α. Dans le cas (b) le prolongement impair doit être remplacé par un prolongement pair. En appliquant les résultats de la Note précédente, nous obtiendrons la solution cherchée.

Au lieu de résoudre le problème général sur la surface logarithmique R, on peut étudier en premier lieu la diffraction de la solution de M. Volterra par rapport à un angle et appliquer ensuite la théorie générale de cet auteur. Cela permet de présenter les résultats sous une forme plus compacte. Dans

---

(1) *Loc. cit.*

(2) Séance du 3 janvier 1933.

(3) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 49.

ce but, il faut superposer toutes les solutions W de la Note précédente qui donne la solution de M. Volterra avec centre aux points $(\rho_0, \varphi_0 + 2k\alpha)$ $(k = 0, \pm 1; \pm 2, \ldots)$. Cette superposition nous donne « la solution fondamentale périodique » de la forme suivante :

$$(4)\quad W_1 = \log\left|\rho^{\frac{2\pi}{\alpha}} + \rho_0^{\frac{2\pi}{\alpha}} - \rho_0^{\frac{\pi}{\alpha}}\rho^{\frac{\pi}{\alpha}} \cos\frac{(\varphi - \varphi_0)\pi}{\alpha}\right| - \text{partie réelle : }\left\{\frac{1}{2\pi_1}\int_C w_1(\zeta)\frac{\partial\zeta}{\zeta}\right\},$$

ou

$$(5)\qquad w_1(\zeta) = \log\left\{\frac{1}{2i}\left[\left(\frac{z}{\zeta}\right)^{\frac{\pi}{\alpha}} - \left(\frac{\zeta}{z}\right)^{\frac{\pi}{\alpha}}\right]\right\},$$

où (ρ_0, φ_0) sont les coordonnées de la singularité de la solution de M. Volterra qui est située dans l'angle $0 \leqq \varphi \leqq \alpha$ et C le contour mentionné dans la Note précédente. La variable z, comme ci-dessus, est définie par l'équation

$$(6)\quad at_1 - \left(z + \frac{1}{z}\right)\rho\cos\varphi + i\left(z - \frac{1}{z}\right)\rho\sin\varphi = 0 \qquad \text{où}\quad t_1 = t + \frac{\rho_0}{2a}\left(\frac{C}{e^{i\varphi_0}} + \frac{e^{i\varphi_0}}{C}\right).$$

En remplaçant dans la formule (4) φ_0 par $-\varphi_0$ et en faisant la somme (ou respectivement la différence) des deux solutions obtenues, nous aurons la représentation de la solution de M. Volterra dans les cas *b* et *a*.

On peut déduire des formules précédentes la théorie générale de la diffraction des ondes planes. Prenons par exemple le cas de la diffraction sur la surface logarithmique R mentionnée plus haut. Dans ce cas, la solution

$$(7)\quad \omega(\rho, \varphi, t) = \begin{cases} 1; & at_1 > -\rho\cos(\varphi - \lambda); \quad \text{pour } |\varphi - \lambda| < \pi \\ 0; & \text{pour toutes les autres valeurs de } \varphi \end{cases} \quad \text{pour } t < 0$$

peut être représentée sous la forme

$$(8)\qquad \omega = \text{partie imaginaire}\left\{\log\left(\frac{1}{i}\log z_1 - \lambda\right) - \log\left(\frac{1}{i}\log z_2 - \lambda\right)\right\},$$

où z_1 et z_2 sont les deux racines de l'équation (6) qui coïncident à l'intérieur du cercle $\rho < -at_1$ $(z_1 = z_2 = 0$ pour $\rho = 0)$ et sont différentes à l'extérieur de ce cercle. La formule (8) nous donne aussi la solution après diffraction si nous ajoutons des conditions supplémentaires convenables relatives au prolongement des fonctions $\log z_k$. Une onde plane arbitraire peut être représentée maintenant sous la forme suivante :

$$F(\rho, \varphi, t) = \int_a^b \omega(\rho, \varphi, t - h)\,\varphi(h)\,dh$$

qui reste encore valable après la diffraction.

POLARISATION ROTATOIRE MAGNÉTIQUE. — *Pouvoir rotatoire magnétique du chlore et de l'acide chlorhydrique gazeux.* Note de MM. **R. de Mallemann** et **P. Gabiano**, présentée par M. A. Cotton.

Chlore. — Le gaz est obtenu à partir du chlore liquide commercial. Les rotations correspondant aux raies jaune et verte du mercure sont parfaitement nettes, sans ellipticité sensible, mais il a été impossible d'observer la raie indigo, en raison de l'absorption intense qui commence dans le bleu :

pression $= 998^{mm}$; température $= 8^{\circ},5$; $2\alpha_{578} = 0^{\circ},88$; $\mathrm{H}l = 641\,000$ C. G. S.;

$$\Lambda_0^{760} = 32.10^{-6} \text{ (minute)}.$$

Dispersion :

$$\frac{\alpha_v}{\alpha_j} = 1,16.$$

Une autre série d'observations, faite à la pression beaucoup plus faible de 250^{mm}, a donné sensiblement le même nombre.

On en déduit, comme rotation *atomique* du chlore,

$$[\Lambda]_{Cl} = 10,4.10^{-5} \text{ (radian)},$$

tandis que le nombre que nous avons calculé à partir des observations faites sur les vapeurs des chlorures organiques (CH^3Cl, C^2H^5Cl, $CHCl^3$, CCl^4) est $9,0\text{-}9,5.10^{-5}$.

Ces résultats confirment un fait déjà signalé : l'union de deux atomes identiques augmente la rotation atomique; l'accroissement est ici de l'ordre de 10 pour 100, comme dans le cas de l'hydrogène.

Acide chlorhydrique. — Le gaz est obtenu par distillation du produit préparé à la manière habituelle et solidifié dans l'air liquide :

pression $= 1120^{mm}$; température $= 8^{\circ},5$; $2\alpha_{578} = 0^{\circ},66$; $\mathrm{H}l = 641\,000$ C. G. S.;

$$\Lambda_0^{760} = 21,5.10^{-6} \text{ (minute)}.$$

Dispersion :

$$\frac{\alpha_v}{\alpha_j} = 1,12, \qquad \frac{\alpha_{\beta}}{\alpha_j} = 1,80.$$

Rotation moléculaire :

$$[\Lambda]_{HCl} = 13,1.10^{-5} \text{ (radian)}.$$

La somme des rotations atomiques, déduite des observations faites sur les gaz constituants, donnerait

$$[\Lambda]_{Cl} + [\Lambda]_H = (10,4 + 2,0).10^{-5} = 12,4.10^{-5}.$$

Le voisinage d'un atome d'hydrogène augmente donc la rotation atomique du chlore, comme nous l'avons déjà observé dans les chlorures de méthyle, éthyle et propyle.

PHOTOGRAPHIE. — *L'influence de la pression sur la sensibilité photographique aux diverses radiations monochromatiques*. Note de MM. **Ny Tsi-Ze** et **Chien Ling-Chao**, présentée par M. Ch. Fabry.

Dans une Note précédente (¹), nous avons introduit, pour caractériser l'influence de la pression sur la sensibilité photographique, le rapport E/E_e, E_e étant l'éclairement qui produirait, sur l'émulsion non comprimée, dans le même temps de pose, la même densité optique que l'éclairement E sur l'émulsion soumise à la pression p. Le rapport E/E_e ne dépend que de la pression p. Nous avons montré aussi, en filtrant la lumière d'une lampe électrique, que l'influence de la pression sur la sensibilité photographique est plus grande en lumière verte qu'en lumière bleue.

Pour examiner ce dernier point de plus près, nous avons fait les expériences avec la lumière fournie par un arc au mercure à enveloppe de quartz, en isolant successivement les diverses radiations. Pour les radiations visibles, nous avons employé comme monochromateur un spectrographe à déviation constante avec un diaphragme percé d'une petite ouverture dans le plan focal; pour l'ultraviolet, nous nous sommes servis d'un monochromateur en quartz. L'ensemble de l'appareil était le même que dans nos précédentes expériences; pour l'étude de l'ultraviolet, la lame qui supporte la pellicule, ainsi que le système optique servant à lui envoyer la lumière étaient en quartz. L'émulsion étudiée était celle d'une pellicule orthochromatique antihalo.

Nous avons étudié, sur une même pellicule, soit l'influence d'une variation de longueur d'onde pour une même pression, soit celle d'une variation de pression pour une même longueur d'onde. Sous une même pression et avec une même radiation, nous faisons cinq poses de durées égales mais en faisant varier l'éclairement dans des rapports connus avec des filtres constitués par des plaques photographiques développées et fixées. Les mesures de densités optiques au centre et au bord de ces images photographiques

(¹) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1644.

au microphotomètre permettent de tracer les deux courbes $d - \log E_e$ et $d' - \log E$. La translation parallèle à l'axe des abscisses, qni amène la courbe d sur la courbe d', mesure la quantité $\log E/E_e$ et, par conséquent, le rapport E/E_e. Le temps de pose a varié d'une minute à quinze minutes suivant les différentes intensités des raies du mercure.

Le tableau suivant résume l'ensemble des résultats obtenus :

Pression p en kg/cm².	E/E$_e$ (Å). 5791 / 5770	5461.	4917.	4358.	4047.	3655.	3341.	3131.
81,3	1,77	1,60	1,51	1,14	1,02			
208	1,97	1,77	1,67	1,20	1,06			
462	2,15	1,98	1,87	1,28	1,11	1,03		
716	2,31	2,14	2,00	1,35	1,15	1,05	1,03	
970	2,49	2,31	2,20	1,37	1,17	1,07	1,04	1,03
1224	2,64	2,40	2,30	1,40	1,19	1,09	1,05	1,04

On voit que l'influence de la pression sur la sensibilité photographique varie énormément avec la longueur d'onde du rayonnement utilisé, et décroît quand la longueur d'onde diminue. Pour les radiations jaunes ou vertes, une pression de quelques dizaines de kilogrammes par centimètre carré suffit pour produire un effet important, tandis que pour la radiation 3131 il faut aller jusqu'à un millier de kilogrammes par centimètre carré pour avoir un résultat nettement observable.

En prenant comme abscisses les valeurs de p et comme ordonnées celles de E/E_e du tableau précédent, nous avons une famille de courbes qui se confondent, pour p supérieur à 200 kg/cm² environ, avec les droites

$$\frac{E}{E_e} = 1 + \alpha p.$$

Les différentes valeurs des α correspondant aux diverses radiations de l'arc au mercure sont résumées dans le tableau suivant :

	5791 Å / 5770 Å	5461 Å.	4917 Å.	4358 Å.	4047 Å.	3655 Å.	3341 Å.	3131 Å.
α	0,00067	0,00065	0,00057	0,00023	0,00013	0,00008	0,00004	0,00003

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les rythmicités de cristallisation, provoquées par la diffusion des carbonates alcalins au sein de la gélatine.* Note de Mlle **Suzanne Veil**, présentée par M. G. Urbain.

Les phénomènes de rythmicité chimique ne sont pas seulement consécutifs à certaines précipitations. Ainsi que le signalent divers travaux épars dans la littérature, il est possible de les déceler en l'absence de toute réaction. Par exemple, en suivant au microscope l'évaporation d'une goutte de carbonate de sodium aqueux, Hofsass (1) a aperçu, dans le champ de vision, de petites formations annulaires autour de sortes de noyaux de cristallisation. D'autres indications de rythmicité, concernant le même sel, ont été encore apportées par Copisarow (*J. Chem. Soc.*, 1927, p. 222).

Les présentes expériences ont eu pour objet l'examen de la diffusion de quelques carbonates alcalins au sein de la gélatine. La technique est dénuée de toute complication. A la surface d'une couche de gélatine étalée sur une plaque de verre, on dépose une goutte de solution aqueuse concentrée de carbonate de sodium ou de potassium. La diffusion détermine bientôt, autour de la goutte, l'apparition de strates fines, visibles au microscope, et que trahissent spontanément de brillantes irisations. Puis, un second système de strates, celles-là visibles à l'œil nu, vient se superposer au premier. Ces nouvelles strates, qu'on peut dénommer strates principales, évoquent fidèlement, bien qu'à une échelle notoirement agrandie, les microformations annulaires de Hofsass.

Au cours du temps, tandis que la diffusion progresse, les strates fines s'évanouissent dans les régions proches de la goutte, pour se localiser au niveau des dernières strates principales et, finalement, elles sont susceptibles d'avoir ou non complètement disparu.

La figure reproduit, en vraie grandeur, une préparation concernant la diffusion du carbonate de potassium au sein de la gélatine. La photographie, prise sur fond sombre, laisse apercevoir la distribution des strates principales. A l'exemple de précipitations périodiques connues de la chimie de l'argent et de la chimie des matières colorantes, les anneaux sont de plus en plus larges et de plus en plus espacés à mesure qu'ils deviennent plus

(1) Hofsass, *Z. phys. Chem.*, 93, 1919, p. 754.

lointains, tandis qu'au microscope, ils se résolvent en entités individuellement discernables.

Ainsi que les carbonates de sodium et de potassium, le carbonate de lithium diffuse, au sein de la gélatine, avec cristallisation rythmique, les résultats étant pourtant moins réguliers et plus restreints que dans les deux cas précédents. Le carbonate d'ammonium ne fournit que des résultats les plus dépourvus de netteté.

En résumé, les présentes rythmicités de cristallisation, susceptibles d'être

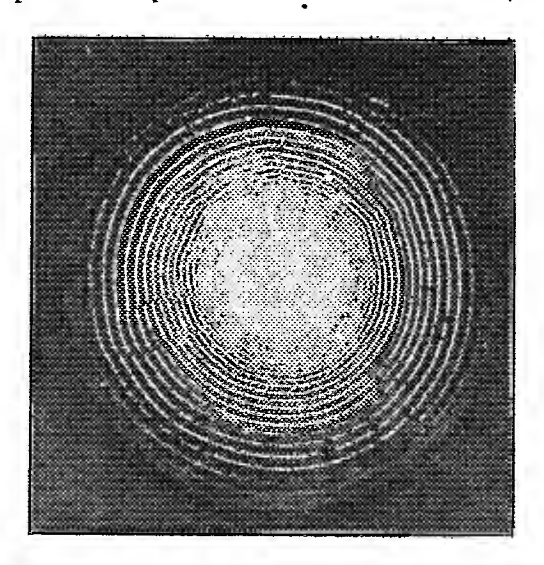


Figure de diffusion du carbonate de potassium au sein de la gélatine.

provoquées par la diffusion pure et simple d'un sel unique dans la gélatine, sont entièrement comparables aux périodicités de certaines réactions de précipitation. L'analogie est digne de retenir l'attention. Notamment, elle mérite d'être prise en considération pour l'interprétation de la précipitation périodique de Liesegang, dont les circonstances ne sembleraient alors que manifestation de caractères beaucoup plus généraux.

En outre, l'étroite parenté, à l'échelle près, des formations ici décrites et des microformations de Hofsass, tendrait à faire écarter la présence du gel du nombre des facteurs essentiels de la périodicité observée.

CHIMIE MINÉRALE. — *Décomposition de l'acide hyposulfureux en solution étendue à la température d'ébullition.* Note (¹) de M. E. **Carrière** et Mlle **Carlini**, présentée par M. Matignon.

La décomposition de l'acide hyposulfureux, engendré généralement par action de l'acide chlorhydrique sur l'hyposulfite de sodium, a déjà fait l'objet de nombreuses recherches, réalisées le plus souvent à froid et en présence d'un excès d'acide chlorhydrique. Dans les divers travaux sur ce sujet, se trouvent discutés la nature des produits qui se forment, le mécanisme et la vitesse de la réaction. Nous avons réalisé la décomposition de l'acide hyposulfureux dans des conditions qui sont sensiblement différentes de celles qui ont été employées précédemment. L'acide chlorhydrique et l'hyposulfite de sodium sont utilisés en solution étendue, en quantités qui se correspondent de façon à n'avoir que de l'acide hyposulfureux en présence de chlorure de sodium, la décomposition est effectuée à l'ébullition. Il ne s'élimine sous forme gazeuse que de l'anhydride sulfureux, qui est dosé au moyen d'une liqueur titrée d'iode. On détermine l'acidité et les quantités d'acide hyposulfureux, d'acide sulfurique, de soufre, d'acide pentathionique du liquide résiduel.

L'acide hyposulfureux encore existant représente 1 pour 100 de celui mis en expérience. Pour le dosage, l'acide pentathionique est transformé préalablement, par oxydation avec l'acide nitrique, en acide sulfurique.

La décomposition de l'acide hyposulfureux, dans les conditions où nous avons opéré, est représentée quantitativement par l'équation

$$(a) \qquad 21\,S^2O^3H^2 = 17\,SO^2 + 19\,S + SO^4H^2 + S^5O^6H^2 + 19\,H^2O.$$

La solution provenant de la décomposition de l'acide hyposulfureux est neutralisée à la soude, puis soumise à une concentration par chauffage, la neutralité est maintenue par addition de soude titrée; de l'hyposulfite de sodium se forme, la réaction réalisée au cours de la concentration est la transformation du pentathionate de sodium en hyposulfite de sodium :

$$2\,S^5O^6Na^2 + 3\,H^2O = 2\,S^2O^3Na^2 + 3\,S^2O^3H^2$$

comme le prouvent les dosages de l'acidité et de l'hyposulfite de sodium engendrés.

(¹) Séance du 3 janvier 1933.

Les quantités d'anhydride sulfureux produites par décomposition de l'acide hyposulfureux, à des temps déterminés, sont connues par les quantités d'iode décolorées. On prend comme temps origine, le moment où l'ébullition est bien établie et où 10^{cm^3} de solution titrée d'iode I/10 atome-gramme/litre ont été décolorés. D'après l'équation (a) on déduit de la quantité d'anhydride sulfureux engendré, la quantité d'acide hyposulfureux décomposée.

La décomposition de l'acide hyposulfureux est au point de vue cinétique, monomoléculaire autocatalytique, durant le premier quart d'heure qui suit l'établissement de l'ébullition. Au cours de cette durée, plus de 80 pour 100 de l'acide hyposulfureux est décomposé. M. Jablczinski et Mme Z. Warszawska Rytel (1) étaient arrivés à cette même conclusion, en se basant sur des mesures de l'opacité due au soufre précipité. L'influence accélératrice est attribuée au soufre engendré qui se concrète.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'oxyallantoïne*. Note de Mlle **A. Pinguet**, présentée par M. A. Béhal.

Plusieurs auteurs ont admis l'existence d'un composé de formule

$$\mathrm{CO}\begin{cases}\mathrm{NH}-\overset{\displaystyle\mathrm{OH}}{\overset{|}{\mathrm{C}}}-\mathrm{NH}-\mathrm{CO}-\mathrm{NH^2}\\ \mathrm{NH}-\mathrm{CO}\end{cases}$$

qu'ils ont appelé *oxyallantoïne*, sans qu'aucun d'eux l'ait isolé assez pur pour en étudier les propriétés. Ponomarew (2), en particulier, suppose que le produit qui prend naissance dans la réaction de Grimaux (3) par condensation de l'acide parabanique avec l'urée à 120°-130°, est cette oxyallantoïne. Notons que d'autres auteurs sont d'un avis très différent et considèrent le produit de la même réaction comme étant, soit l'amidooxalylbiuret

$$\begin{array}{l}\mathrm{CO-NH-CO-NH-CO-NH^2}\\ |\\ \mathrm{CO-NH^2}\end{array}$$

(1) Jablczinski et Mme Z. Warszawska Rytel, *Bull. Soc. chim.*, 39, 1926, p. 409.
(2) *Ber. d. chem. Ges.*, 18, 1885, p. 981.
(3) *Bull. Soc. chim.*, 32, 1879, p. 120.

[Grimaux [1], Bornwater [2]], soit l'oxalyldiuréïde

$$\begin{array}{l} CO - NH - CO - NH^2 \\ CO - NH - CO - NH^2 \end{array}$$

[Biltz et Topp [3]]. En reprenant la préparation synthétique de Grimaux, nous avons constaté que le produit obtenu est un mélange, d'où nous avons pu extraire l'oxyallantoïne à l'état pur, et qui contient en outre aussi probablement de l'oxalyldiuréide.

Nous donnons ici la préparation et les propriétés principales de l'oxyallantoïne :

I. Le produit brut, provenant de la condensation de l'acide parabanique avec l'urée, est lavé plusieurs fois à l'eau froide, puis dissous rapidement dans une solution de soude diluée maintenue à 0°. Par neutralisation exacte de l'alcali en excès, par l'acide acétique dilué, en présence de phénolphtaléine, un précipité cristallisé apparaît. Ce précipité est constitué par de l'oxyallantoïne sodée

$$C^4H^5N^4O^4Na = 196.$$

Il est soluble dans l'eau, sa solution traitée par un léger excès d'acide acétique abandonne facilement l'uréide correspondant $C^4H^6N^4O^4 = 174$.

II. L'oxyallantoïne est peu soluble dans l'eau froide, plus soluble dans l'eau chaude d'où elle reprécipite bien cristallisée par refroidissement. Elle se décompose sans fondre au-dessus de 270°.

Elle se dissout dans l'acide sulfurique concentré et reprécipite lentement, cristallisée, par addition d'eau. Elle donne des combinaisons peu solubles dans l'eau avec la plupart des bases métalliques. Les combinaisons calcique, barytique et zincique sont bien cristallisées.

Nous avons constaté que ce corps donnait la réaction du biuret et qu'il se transformait en allantoxanate sous l'influence des alcalis concentrés et froids.

Par ébullition avec une solution alcaline diluée, l'oxyallantoïne fournit de l'acide oxalique et de l'urée. Cette décomposition toutefois n'est pas quantitative et ne peut pas servir au dosage de l'oxyallantoïne par manganimétrie.

Les hypobromites alcalins attaquent l'oxyallantoïne mais leur action est

---

(1) *Loc. cit.*

(2) *Rec. Trav. chim. P.-B.*, 32, 1913, p. 337.

(3) *Ber. d. chem. Ges.*, 46, 1913, p. 1404.

trop lente pour être susceptible d'une application pratique. Le volume d'azote dégagé après 24 heures correspond à 1 atome d'azote par molécule d'oxyallantoïne.

III. L'oxalyldiuréide, qui est un isomère très voisin de l'oxyallantoïne, diffère de ce corps par les propriétés suivantes :

Il est insoluble dans l'eau. Il ne donne pas la réaction du biuret. Il se dissout dans l'acide sulfurique mais reprécipite immédiatement sous forme d'une masse gélatineuse, par addition d'eau. Il ne se transforme pas en allantoxanate alcalin sous l'influence des alcalis concentrés et froids. Par ébullition pendant quelques secondes avec une solution alcaline diluée, il se décompose quantitativement en acide oxalique et urée ce qui permet de le doser par manganimétrie.

L'action des hypobromites alcalins est elle-même instantanée et peut être utilisée pour le dosage de l'oxalyldiuréide. Le volume d'azote dégagé correspond exactement à 4 atomes d'azote par molécule d'oxalyldiuréide.

IV. Ces propriétés se retrouvent dans le produit de Grimaux. Celui-ci fournit en effet beaucoup plus d'acide oxalique sous l'influence des alcalis dilués à chaud ou d'azote sous l'influence des hypobromites alcalins qu'une quantité équivalente d'oxyallantoïne. Dissous dans l'acide sulfurique concentré, il précipite immédiatement, comme l'oxalyldiuréide, par addition d'eau.

Biltz et Topp (1) ont d'ailleurs réussi à en isoler un produit très voisin de l'oxalyldiuréide ne donnant plus que faiblement la réaction du biuret.

Toutefois, et si l'on apprécie le degré de pureté de l'oxalyldiuréide d'après les résultats de dosages manganimétriques, il ne nous a jamais été possible d'isoler du produit de Grimaux de l'oxalyldiuréide pur et, par suite, la présence de ce corps ne peut pas être affirmée avec certitude.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude des tartrates de cadmium.* Note de MM. **Pariselle** et **Barbier**, présentée par M. G. Urbain.

Lorsqu'on fait réagir, en proportions équimoléculaires, des solutions de tartrate de sodium et de sulfate de cadmium, on obtient un précipité gélatineux qui ne tarde pas à se transformer en un composé cristallin. Ces corps ont même composition mais, tandis que le premier, légèrement soluble dans

(1) Biltz et Topp, *loc. cit.*

l'eau, est acide au tournesol, le second, très peu soluble, est rigoureusement neutre.

Il y a lieu d'admettre l'existence de deux formes tautomères :

```
COOH—CHOH—CH———CO  ⇌  CO—CHOH—CHOH—CO
           |      |      |              |
           O—Cd—O        O——————Cd——————O
```

La première forme, amorphe et instable, se transforme lentement en la forme stable, cristalline, moins soluble, qui est le véritable tartrate neutre de cadmium. Inversement, le tartrate cristallisé, chauffé à 120°, se transforme partiellement en la seconde variété, comme l'indique l'étude de sa solubilité et de son acidité.

Ces deux variétés se comportent d'une manière différente vis-à-vis d'une solution équimoléculaire d'acide sulfurique. Tandis que le tartrate cristallisé se dissout partiellement, conduisant à un équilibre identique à celui obtenu en faisant réagir, molécule à molécule, l'acide tartrique sur le sulfate de cadmium, la variété amorphe se dissout intégralement; à la longue, la solution obtenue laisse déposer du tartrate cristallisé, jusqu'à ce que s'établisse l'état d'équilibre précédemment signalé. L'étude critique du pouvoir rotatoire des solutions conduit à admettre la formation intermédiaire de tartrate acide de cadmium soluble.

Ces diverses hypothèses sont justifiées par l'étude polarimétrique des solutions obtenues en ajoutant des quantités croissantes de soude à divers mélanges d'acide tartrique et de sulfate de cadmium et par celle de la formation des précipités :

1° Une solution équimoléculaire d'acide tartrique et de sulfate de cadmium, traitée par la soude, ne donne de précipité permanent qu'après addition de 3 molécules de base pour 2 d'acide; le précipité obtenu se redissout dès qu'on a ajouté 3 molécules supplémentaires d'alcali; la solution ainsi obtenue est du reste très stable. Un excès de soude donne, à la longue, un précipité gélatineux de tartrate très basique renfermant sensiblement 4 molécules d'hydroxyde de cadmium pour 1 de tartrate neutre.

2° Pour que la soude ne produise plus de précipité immédiat, il faut partir d'une solution renfermant 4 molécules d'acide pour 1 de sel de cadmium. On peut alors étudier les variations du pouvoir rotatoire de la solution en fonction de la quantité de soude ajoutée; la courbe tracée présente deux maxima et un minimum correspondant respectivement à 9, 12 et 10 molécules de soude. Les solutions alcalines laissent déposer ultérieurement un précipité gélatineux.

Dans le premier cas, il est rationnel d'admettre que le tartrate acide de cadmium soluble, qui se forme tout d'abord, est neutralisé partiellement, puis décomposé par une quantité de soude supérieure à 3 molécules en tartrate amorphe, lequel est transformé par un excès de soude en un composé soluble, très stable, de formule

$$\begin{array}{llll} COONa - CHOH - & CH & \text{———} & CO\,; \\ & | & & | \\ & O & - Cd - & O \end{array}$$

l'addition de 6 molécules de soude donne 2 molécules de ce tartrate double. Une addition supplémentaire de soude décompose ce corps en tartrate basique insoluble.

Cette hypothèse est confirmée par l'action d'une solution de tartrate de sodium sur l'hydroxyde de cadmium qui tend à se transformer réversiblement dans le tartrate double précédent, avec libération de soude, l'addition d'un acide quelconque, même faible, rendant la réaction totale.

Dans le deuxième cas, la non-précipitation par la soude tient à ce fait que le tartrate amorphe est soluble dans un excès de tartrate de sodium. Le premier maximum de la courbe des pouvoirs rotatoires correspond à la formation du tartrate double signalé plus haut; le minimum et le second maximum semblent indiquer la formation des composés suivants :

$$\begin{array}{lcl} COONa & & COONa \\ | & & | \\ CHOH & & CHOH \\ | & & | \\ CHO & -Cd- & OCH \\ | & & | \\ COONa & & COONa \end{array} \quad \text{et} \quad \begin{array}{lcl} COONa & & COONa \\ | & & | \\ CHONa & & CHONa \\ | & & | \\ CHO & -Cd- & OCH \\ | & & | \\ COONa & & COONa \end{array}.$$

A la longue, ces composés instables se dédoublent en tartrate de sodium, soude et hydroxyde de cadmium qui précipite.

Une étude analogue, faite en remplaçant la soude par l'ammoniaque, conduit à des résultats un peu différents. D'une part le maximum du pouvoir rotatoire correspond à la formation d'un sel complexe de formule

$$\begin{array}{lllll} COONH^4 - & CH & \text{———} & CH & - COONH^4 \\ & | & & | & \\ & O & - Cd - & O & \end{array}$$

qui n'est stable qu'en présence d'un excès de tartrate d'ammonium. En outre, en présence d'ammoniaque en excès, il n'y a plus précipitation d'hydroxyde, ce dernier étant soluble dans l'ammoniaque. Le pouvoir rotatoire de la solution tend vers celui du tartrate d'ammonium.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'acide α-phényl-γ-oxybutyrique et sa lactone.* Note de MM. **P. Carré** et **D. Libermann**, présentée par M. G. Urbain.

Parmi les trois acides α-, β- et γ-phényl-γ-oxybutyriques possibles, un seul, l'acide γ-phényl-γ-oxybutyrique $C^6H^5.CHOH.CH^2.CH^2.CO^2H$, est connu jusqu'à présent [1].

Nous avons préparé l'acide α-phényl-γ-oxybutyrique

$$CH^2OH.CH^2.CH(C^6H^5).CO^2H,$$

et quelques-uns de ses dérivés, à partir du cyanure de benzyle, par les réactions suivantes :

Le dérivé sodé du cyanure de benzyle est condensé avec la monochlorhydrine du glycol, ce qui donne le nitrile α-phényl-γ-oxybutyrique

$$CH^2OH.CH^2.CH(C^6H^5).CN,$$

qu'il suffit d'hydrolyser pour obtenir l'acide α-phényl-γ-oxybutyrique. Cet acide n'a pu être transformé, ni en phényluréthane, ni en dérivé benzoylé, ni éthérifié par les méthodes habituelles, en raison de la facilité avec laquelle il se déshydrate dans sa lactone $CH^2.CH^2.CH(C^6H^5).CO$ (O reliant CH^2 et CO), la lactonisation se produit cependant avec un peu moins de facilité que celle de l'acide γ-phényl-γ-oxybutyrique.

Le dérivé sodé du cyanure de benzyle est préparé, de la manière habituelle, par l'action de l'amidure de sodium sur le cyanure de benzyle en solution dans l'éther anhydre; on lui ajoute progressivement une proportion équimoléculaire de monochlorhydrine du glycol diluée dans l'éther anhydre. La condensation se produit avec échauffement et fournit le *nitrile α-phényl-γ-oxybutyrique*, liquide d'odeur légèrement aromatique, distillant à 188-190° sous 10^{mm}. Le rendement n'est que de 40 à 45 pour 100 du rendement théorique; on retrouve près de 50 pour 100 du cyanure de benzyle, ce fait est dû sans doute à ce qu'une partie du dérivé sodé est décomposée par le groupement alcool de la monochlorhydrine avec régénération du cyanure de benzyle; il se forme aussi une petite quantité de produits de condensation distillant entre 210 et 225° sous 10^{mm}. Ce nitrile forme, avec l'isocyanate de phényle, une *phényluréthane* $C^6H^5.NH.CO.OCH^2.CH^2.CH(C^6H^5).CN$, qui se présente, après

(1) Harry W. Jaynes, *Ann. Chem.*, **216**, 1882, p. 97; Pechmann, *Ber. d. ch. Ges.*, **11**, 1882, p. 889.

cristallisation dans un mélange d'éther et d'éther de pétrole, en cristaux blancs fusibles à 89°.

L'hydrolyse du nitrile α-phényl-γ-oxybutyrique en acide correspondant donne de mauvais rendements lorsqu'elle est effectuée par la soude. Il est préférable de réaliser cette hydrolyse au moyen d'une solution à 20 pour 100 de baryte hydratée; l'hydrolyse est totale après 15 minutes d'ébullition. Lorsqu'on précipite la solution du sel de baryum formé par l'acide chlorhydrique, on obtient une huile incristallisable d'acide impur; par dessiccation et par distillation dans le vide, cette huile fournit la *lactone α-phényl-γ-oxybutyrique*, liquide distillant à 203-205° sous 30^{mm}, très légèrement soluble dans l'eau, facilement soluble dans les solvants organiques usuels. Cette lactone ne se dissout pas dans une solution aqueuse de carbonate de sodium; elle se dissout, lentement à froid, rapidement à chaud, dans les solutions de soude caustique. Nous avons essayé de transformer cette lactone en α-phényl-γ-oxybutyrate d'éthyle, en la traitant successivement par le chlorure de thionyle et par l'alcool absolu, ainsi que Barbier et Locquin (¹) ont fait pour un certain nombre de lactones γ, mais nous n'avons pas réussi à obtenir un produit pur.

L'*acide α-phényl-γ-oxybutyrique* libre est obtenu par addition d'acide chlorhydrique dilué à la solution du sel de sodium formé par dissolution de la lactone dans la soude caustique diluée, et en ayant soin de bien refroidir pour éviter de régénérer la lactone. L'acide précipité est séché à froid dans le vide; après cristallisation dans le benzène, il forme de belles paillettes brillantes fusibles à 99-100°, stables à la température ordinaire. Il est légèrement soluble dans l'eau froide et notablement soluble dans l'eau tiède; si l'on chauffe sa solution aqueuse vers 50-60°, celle-ci se trouble peu à peu par suite de la production de lactone moins soluble que l'acide.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse du vinylpropénylglycol.* Note de M. **Wiemann**, présentée par M. Matignon.

L'hydrogénation par le couple zinc-cuivre de l'acroléine d'une part, de l'aldéhyde crotonique d'autre part, ont permis la synthèse du divinylglycol et celle du dipropénylglycol (²).

J'ai cherché à voir ce que donnerait l'hydrogénation d'un mélange des deux aldéhydes; 500^{g} de ce mélange fait dans des proportions équimoléculaires ont été soumis au traitement que Griner avait employé pour l'acroléine. A la distillation du résultat final on a séparé : une tête passant avant 90° sous 10^{mm} et un résidu non distillable, qui sont les mêmes que ceux obtenus lors du traitement des deux constituants pris séparément, mais en outre 250^{g} passant de 90-130° sous 15^{mm} dans une distillation

(¹) Barbier et Locquin, *Bull. Soc. Ch.*, 4e série, 13, 1913, p. 223.

(²) Griner, *A. Ch.*, 6e série, 26, 1892, p. 369; Charon, *A. Ch.*, 7e série, 17, 1899, p. 266.

rapide. Cette dernière portion rectifiée deux fois avec une bonne colonne Crismer, a donné 10g de divinylglycol, 30g de dipropénylglycol, 70g de portions intermédiaires et 90g d'un corps passant de 114-117° sous 15mm, qui avait les constantes suivantes : $n_{23}^{D}=1,4732$, $D_{23}=0,9851$; ces 90g sont constitués par un mélange des deux isomères :

$$CH^3-CH=CH-\underset{OH}{\overset{H}{C}}-\underset{H}{\overset{OH}{C}}-CH=CH^2$$

et

$$CH^3-CH=CH-\underset{H}{\overset{OH}{C}}-\underset{H}{\overset{OH}{C}}-CH=CH^2.$$

En effet, 1° l'analyse a donné C 65,47; H 9,58 pour C 65,63; H 9,38 correspondant à $C^7H^{12}O^2$; la réfraction moléculaire est de 36,46 pour 36,64 calculée. 2° L'hydrogénation par le palladium colloïdal a fourni avec un très bon rendement un liquide (Éb. 109° sous 15mm) ($n_{22}^{D}=1,4420$; $D_{22}=0,9430$) et un solide, et l'analyse de ceux-ci correspond bien à $C^7H^{16}O^2$ (liquide, C 63,07; H 11,9; solide, C 64,20; H 12,01 pour C 63,63 et H 12,12 théoriques). Le solide fondait à 103-104°; Mme E. Vénus-Daniloff a donné 98-99° pour un glycol $C^7H^{16}O^2$, obtenu par hydrogénation de l'éthylbutyrylcarbinol (1); je pense qu'il s'agit d'un seul et même corps obtenu un peu plus pur par ma méthode.

L'obtention de deux glycols : un solide et un liquide par hydrogénation est en accord avec les résultats de Farmer, Garoia, Switz et Thorpe qui ont montré que le divinylglycol obtenu à partir de l'acroléine était un mélange de deux isomères; car par hydrogénation on obtenait deux glycols saturés, un solide et un liquide.

Possédant du dipropénylglycol j'en ai profité pour l'hydrogéner dans les mêmes conditions et j'ai eu ici encore avec un très bon rendement un liquide et un solide correspondant au dipropylglycol, un inactif (le solide) et un racémique (le liquide), tenant en solution sans doute un peu d'inactif. Ces glycols avaient déjà été préparés par Bouveault et Locquin (*Comptes rendus*, 140, 1905, p. 1699) mais par l'hydrogénation de la butyroïne.

L'hydrogénation du mélange d'acroléine et d'aldéhyde crotonique est

(1) *Bul. Soc. chim.*, 4e série, 43, 1928, p. 577.

donc un moyen commode d'obtenir du vinylpropénylglycol; et l'hydrogénation de ce dernier ou des divinyls et dipropénylglycols, un moyen commode d'avoir les glycols saturés correspondants.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Couleur et structure des amides.*
Note [1] de Mme **Ramart-Lucas** et Mlle **Wohl**, présentée par M. Delépine.

La structure que l'on doit attribuer aux amides, d'après leur comportement physique et chimique, a été bien souvent discutée. Des arguments chimiques avaient déjà conduit à penser que certaines amides primaires et amides monosubstituées se trouvent à l'état liquide sous les deux formes amide et iminoalcool,

$$R-CO-NH^2 \rightleftharpoons R-C\begin{matrix}\diagup OH \\ \diagdown\!\!\diagdown NH\end{matrix}$$

C'est ainsi que Tafel et Enoch [2], en traitant le sel d'argent de la benzamide par de l'iodure d'éthyle, obtiennent l'iminoéther

$$C^6H^5-C\begin{matrix}\diagup O-C^2H^5 \\ \diagdown\!\!\diagdown NH\end{matrix}$$

L'étude de la transformation des amides α trisubstituées en nitriles par action des dérivés organomagnésiens avait déjà conduit depuis longtemps l'un de nous [3], en collaboration avec Mlle Laclôtre et M. Anagnostopoulos, à admettre que, dans le cas où il se fait le nitrile, c'est sous la forme iminoalcool que ces amines réagissent; la réaction pouvant être représentée par le schéma

$$\begin{matrix}R\diagdown \\ R-C \\ R\diagup\end{matrix}-C\begin{matrix}\diagup OH \\ \diagdown\!\!\diagdown NH\end{matrix} + 2R'.Mg.X \rightarrow \begin{matrix}R\diagdown \\ R-C \\ R\diagup\end{matrix}-C\begin{matrix}\diagup O.Mg.X \\ \diagdown\!\!\diagdown N.Mg.X\end{matrix} + 2R'H$$

$$\rightarrow \begin{matrix}R\diagdown \\ R-C \\ R\diagup\end{matrix}-CN + Mg.X^2 + Mg.O.$$

Par contre, von Auwers [4] se basant sur des mesures de cryoscopie,

---

(1) Séance du 27 décembre 1932.

(2) Tafel et Enoch, *Ber. d. chem. Ges.*, 23, 1890, p. 104.

(3) Mme Ramart, Mlle Laclôtre et Anagnostopoulos, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 282.

(4) Von Auwers, *Zeits. Phys. Chem.*, 12, 1893, p. 689; 15, 1894, p. 23; 23, 1897, p. 449; 30, 1899, p. 529.

Titherley, Davidson ([1]) Walden ([2]), d'après des mesures de conductibilité, Schmidt ([3]) à la suite d'études réfractométriques, enfin Fawsitt ([4]) d'après des mesures de viscosité considèrent les amides comme répondant à la constitution R.CO.NH[2].

Récemment Hantzsch ([5]), en comparant la couleur dans l'ultraviolet :

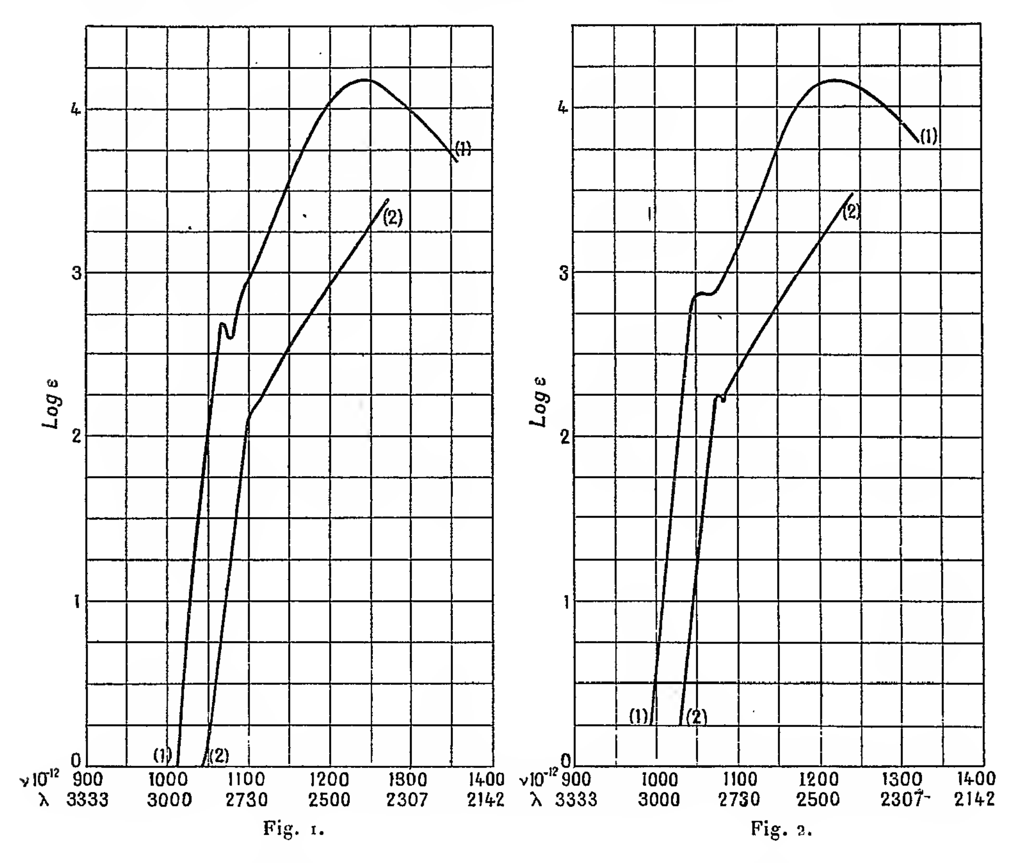


Fig. 1. Fig. 2.

d'une part de la trichloracétamide, de l'iminoéther correspondant et de la trichloracétamide disubstituée; et d'autre part de la benzamide, de l'iminoéther correspondant et de la benzamide disubstituée (mesures qualitatives) constate que, pour ces deux séries, l'amide primaire et l'iminoéther corres-

([1]) TITHERLEY et DAVIDSON, *Bull. Soc. chim.*, 79, 1901, p. 410.
([2]) WALDEN, *Zeits. Phys. Chem.*, 43, 1903, p. 402.
([3]) SCHMIDT, *Ber. d. chem. Ges.*, 36, 1903, p. 2462.
([4]) FAWSITT, *Zeits. Phys. Chem.*, 48, 1905, p. 585.
([5]) HANTZSCH, *Ber. d. chem. Ges.*, 64, 1931, p. 661.

pondant ont sensiblement la même absorption, alors que l'amide disubstituée a une couleur très différente. Il a été ainsi également conduit à attribuer aux amides primaires étudiées la structure iminoalcool.

L'étude de l'absorption d'acétamides mono- et disubstituées (étude déjà terminée lorsque nous avons eu connaissance du travail de Hantzsch) nous a conduit aux mêmes conclusions.

D'après la position et la forme de leurs courbes d'absorption, toutes les amides $CH^3.CO.NH.Ar$ ($Ar = C^6H^5$, ortho $C^6H^4.CH^3$, para $C^6H^4.CH^3$) ont la même constitution, et de même toutes les amides $CH^3.CO\langle{}^{Ar}_{CH^3}$ ont une couleur qui correspond à une même structure. Mais si l'on compare pour un même radical Ar, l'absorption d'une amide monosubstituée et d'une amide disubstituée, on constate une différence importante dans la forme et dans la position des bandes d'absorption, ce qui révèle la présence de substances de structures différentes. On est ainsi conduit à admettre que, en solution, l'amide monosubstituée existe sous deux formes en équilibre : la forme amide vraie et la forme iminoalcool.

Nous donnons les courbes d'absorption de l'acétanilide (1) et de la méthylacétanilide (2) (*fig.* 1); celles de la *p*-tolylacétamide (1) et de la *p*-tolylméthylacétamide (2) (*fig.* 2).

Signalons enfin que dans la série des amides $CH^3.(CH^2)^n.NH^2$ l'absorption varie de façon très notable suivant le solvant (Mme Ramart et Mme Grumez, *Bull. Soc. Chim.*, 9 décembre 1932), ce qui peut être attribué à un déplacement de l'équilibre : amide $\rightleftharpoons$ iminoalcool.

En résumé : les faits précédents permettent de considérer qu'à l'état liquide ou dissous, ce qu'on appelle une amide (non substituée ou monosubstituée) est réellement un mélange de deux isomères en équilibre, amide et iminoalcool.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le dédoublement spontané en isomères actifs de la méthoxy-4-ms-méthyldésoxybenzoïne* $C^6H^5.CH(CH^3).CO.C^6H^4.OCH^3$. Note de Mme **Buzau**, présentée par M. Delépine.

Afin d'étudier l'absorption dans l'ultraviolet de certaines substances, nous avons dû préparer les cétones de formule générale $C^6H^5.CH(CH^3).CO.Ar$ optiquement pures, et en particulier la méthoxy-4-*ms*-méthyldésoxybenzoïne. Cette dernière cétone a été obtenue pour la première fois par Ney [1]

[1] Ney, *Ber. d. chem. Ges.*, 21, 1888, p. 2450.

en condensant l'iodure de méthyle sur la méthoxy-4-désoxybenzoïne monosodée par l'alcoolate de sodium. L'auteur la décrit comme une huile distillant à 330° et donne une analyse, sans qu'on ait la certitude de la pureté de son produit.

Nous avons tout d'abord reproduit l'expérience de Ney; mais, au lieu d'une huile, nous avons obtenu, avant toute distillation, un solide que nous avons essayé de purifier par cristallisation dans l'alcool. Cette opération nous a donné tantôt une poudre cristalline fondant à 58-60°, tantôt de petits prismes bien formés ayant un point de fusion de 78-80°, tantôt des mélanges fondant de 58 à 80°. La matière première, la méthoxy-4-désoxybenzoïne fondant à 76-77°, nous avons pensé que les variations du point de fusion pouvaient être attribuées à la présence d'une certaine quantité de cette cétone; il n'y a pas lieu de s'arrêter à cette hypothèse.

Devant les difficultés rencontrées pour obtenir un produit à point de fusion net, nous avons réalisé la synthèse de ce composé par une autre méthode : l'action du *p*-bromanisylmagnésium sur la méthylphénylacétamide. En fait, nous avons obtenu à côté de la cétone monométhylée une petite quantité de cétone diméthylée. Celle-ci se dépose d'abord; les huiles restant cristallisent lentement et donnent des produits, fondant à 54-80°, parmi lesquels on peut séparer quelques petits prismes fondant à 78-80°, identiques à ceux qu'avait donnés la première synthèse.

Cette deuxième préparation conduisant aussi à des résultats douteux, nous avons cherché une méthode ne pouvant donner qu'une seule cétone et nous avons étudié la condensation du chlorure de l'acide hydratropique sur l'anisol, en présence de $AlCl^3$, au sein du sulfure de carbone. L'acide hydratropique a été obtenu, soit par oxydation, au moyen de l'oxyde d'argent, de l'aldéhyde hydratropique régénéré de sa combinaison bisulfitique, soit à partir de l'acide méthylphénylmalonique, produit lui-même par saponification du diéther éthylique. Cette synthèse, qui s'effectue facilement, nous a donné un corps solide présentant encore les anomalies observées précédemment : par cristallisation troublée, il se forme une poudre cristalline fondant à 58-60°, tandis que l'évaporation lente du solvant permet de séparer de petits prismes très réfringents ayant un point de fusion de 78-80°. Si l'on écrase un ensemble de cristaux, pris au hasard, la poudre fond à 58-60°. Par contre, ayant isolé des cristaux bien formés fondant à 78-80°, nous avons pu observer que certains, mélangés à une parcelle du premier, conservaient le point de fusion de 78-80°, alors que d'autres abaissaient ce point de fusion. Ces résultats, joints au fait que la

cétone possède un carbone asymétrique, nous ont conduit à penser que ces deux catégories de cristaux fondant à 78-80° étaient des inverses-optiques.

Plusieurs tentatives de cristallisation lente, soit dans l'alcool, soit dans les mélanges alcool-éther, sulfure de carbone-ligroïne, ne nous ayant pas permis d'obtenir de gros cristaux, nous avons donc dû nous résoudre à un triage manuel de petits prismes bien individualisés dont nous avons examiné l'action sur la lumière polarisée : les uns déviaient à droite, les autres à gauche. Nous avons obtenu ainsi quelques décigrammes de cristaux droits et de cristaux gauches, ce qui nous a permis de déterminer une valeur approchée du pouvoir rotatoire spécifique pour les trois longueurs d'onde du mercure $\lambda_J = 5780$ Å, $\lambda_V = 5460$ Å, $\lambda_I = 4358$ Å ; nous avons trouvé

$$[\alpha]_J^{16} = \pm 145^\circ; \qquad [\alpha]_V^{16} = \pm 170^\circ; \qquad [\alpha]_I^{16} = \pm 357^\circ.$$

La dispersion, qui n'est pas affectée par la présence d'une petite quantité de racémique (¹), peut être connue plus exactement

$$\frac{[\alpha]_I}{[\alpha]_J} = 2,46; \qquad \frac{[\alpha]_I}{[\alpha]_V} = 2,10.$$

Nous sommes donc en présence d'un nouvel exemple de dédoublement spontané. Les résultats précédents s'interprètent de la façon suivante : les cristaux fondant à 58-60° sont un mélange des deux inverses optiques, ceux qui fondent à 78-80° représentent les composants : droit et gauche.

Nous avons préparé, par les méthodes indiquées ci-dessus, la méthyl-4-*ms*-méthyldésoxybenzoïne qui n'était pas connue; cette cétone qui fond à 46-47° ne s'est pas dédoublée spontanément. Il en est de même de la *ms*-méthyldésoxybenzoïne, décrite depuis longtemps (²), et dont la forme droite a été obtenue à partir d'un amino-alcool actif (ALEX MC KENZIE, ROBERT ROGER, GEORGE OGILVIE WILLS, *Chemical Society*, 1926, p. 779).

(¹) En supposant ici que la dispersion présentée par un antipode soit indépendante de sa concentration dans le solvant utilisé.

(²) VICTOR MEYER et L. OELKERS, *Ber. d. chem. Ges.*, 21, 1888, p. 1295.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence d'un niveau pyriteux bathonien dans la région de Rar-el-Maden, près Nemours (Oran).* Note de MM. **F. Roman** et **M. Gautier**, présentée par M. Ch. Jacob.

Les observations faites par l'un de nous (M. Gautier), à l'occasion de l'établissement de la feuille géologique de Nemours, modifient sur quelques quelques points les études faites dans la même région par L. Gentil.

1° Contre un ensemble primaire situé au sud du massif de Rar-el-Maden, formé de schistes et de quartzites métamorphiques très plissés, repose une formation détritique rouge, sans fossiles, avec intercalation de roches vertes. Nous l'attribuons, comme Gentil, à l'Infra-Lias.

2° Une série concordante de calcaires massifs et de dolomies, dont la base renferme encore des éléments remaniés des niveaux inférieurs, est caractérisée par une faune liasique étudiée par Gentil.

3° Au-dessus, se développent des marnes avec bancs calcaires interposés, avec nombreuses *Posidonamya alpina*, attribuées par Gentil au Callovo-Oxfordien.

Dans ce dernier niveau, nous avons trouvé, sur le flanc nord du Djebel Sekika, une faune de fossiles pyriteux, parmi lesquels nous avons reconnu les espèces suivantes : *Phylloceras Zignoi, Ph.* cf. *Riazi* (très abondant), *Lytoceras pygmeum*, *Oppelia fusca*, *Hecticoceras primævum*, *Morphoceras* (*Ebrayiceras*) *pseudo-anceps*, *Morph. polymorphum*, *Cadomites linguiferus*, *Oraniceras Hamyanense*. Nous l'attribuons au Bathonien inférieur.

4° Des marnes sans fossiles terminent la série (Callovien?).

L'ensemble des assises forme un synclinal suivi d'un anticlinal, les deux couchés vers le Nord. L'axe du synclinal est constitué par les assises n° 4, tandis que le noyau de l'anticlinal du versant Sud est en Infra-Lias. Le tout est recouvert par la transgression burdigalienne.

Le fait le plus intéressant de cette coupe résulte de ce que le géosynclinal méditerranéen atteint la région de Nemours, probablement à partir du Toarcien, mais ne la dépasse guère vers le Sud. On sait, en effet, d'après l'examen des faunes du Jurassique inférieur de la région d'Oudjda [Savornin, Roman et Dareste de la Chavanne, *La région d'Oudja* (*Notes et Mémoires Service Mines du Maroc*, 1930, p. 16 et suiv.)], au Djebel Mahseur, que le faciès est franchement calcaire et oolithique, et fournit une faune néritique tout à fait comparable à celle des régions de niveau équivalent, avec un faciès épicontinental en Europe.

La faune bathonienne du Djebel Sekika est caractérisée, outre les *Posidonomya* très nombreuses, par la fréquence des *Phylloceras* et des *Lytoceras*. Quelques espèces européennes, comme *Oppelia fusca*, *Morphoceras pseudoanceps*, *M. polymorphum* et *Cadomites linguiferus*, permettent de la situer à la base de l'étage, au niveau de *Zigzagiceras zigzag*, *Morph. polymorphum* et *Lytoceras tripartitum* des Basses-Alpes.

Elle est inférieure au niveau à *Hecticoceras retrocostatum* qui, dans la région d'Aix-en-Provence, où le faciès est analogue, est situé immédiatement au-dessous du Callovien inférieur. Cette dernière faune contient déjà *Macrocephalites macrocephalus*.

Il est à noter que, sur la quantité assez considérable d'échantillons recueillis au Dj. Sekika, on ne trouve qu'un ou deux *Perisphinctes*, indéterminables spécifiquement à cause de leur petite taille.

Quelques espèces ont un caractère nettement africain, comme *Oraniceras Hamyanense*, autrefois découvert dans le Sud-oranais par Flamand et retrouvé depuis au Dj. Mahseur. Une espèce nouvelle de *Morphoceras* (*Ebrayiceras*) sera décrite sous le nom d'*E. Gautieri*.

Il existe enfin un type qui paraît tout à fait nouveau, genre et espèce, se rattachant aux *Cosmoseratidés*.

Pour que la succession soit complète, il reste encore à découvrir une faune aalénienne et bajocienne pyriteuse, ainsi qu'une faune callovienne, jusqu'ici inconnues dans la région.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur un appareil permettant de mesurer et d'enregistrer les courants verticaux sous-marins et sous-lacustres.* Note de M. **Idrac**, présentée par M. J.-B. Charcot.

Les mesureurs de courant construits jusqu'à présent n'ont eu pour but que d'évaluer la composante horizontale des courants, la seule qui intervienne d'ailleurs évidemment quand on est au voisinage de la surface de l'eau (surface de niveau). Mais à une certaine profondeur, la composante verticale peut prendre de l'importance, et particulièrement au point de vue de la dynamique des océans et des apports biologiques des grands fonds, il est important de la connaître. C'est à elle d'ailleurs que beaucoup d'océanographes attribuent certains phénomènes particuliers des détroits de Gibraltar et de Messine. Aussi, nous sommes-nous proposé de construire un appareil permettant sa détermination.

Il se compose en principe d'une hélice à axe vertical et à palettes légèrement inclinées sur l'horizontale, montée dans un carter agencé d'une façon spéciale et dans le détail duquel il serait trop long d'entrer. Les particularités du montage aboutissent à ce résultat que, par suite d'une symétrie parfaite de forme autour d'un axe horizontal et d'une grande dissymétrie de poids, l'axe de l'hélice est absolument vertical dans n'importe quel courant et cette hélice, complètement insensible aux courants horizontaux, ne peut commencer à se mouvoir que si le courant comporte une composante ascendante ou descendante, et sa vitesse de rotation lui est très sensiblement proportionnelle.

Cette hélice met en marche un contact tournant agencé de manière à ne pas être influencé par les phénomènes d'électrolyse et muni de coupures présentant l'allure de signaux morses.

L'appareil de lecture, à bord du bateau, se compose d'un pont de Wheastone muni d'un milliampèremètre et qu'on équilibre au moyen d'une résistance réglable. La coupure du courant déséquilibrant le pont fait mouvoir l'aiguille.

La dissymétrie des signaux choisis (U ou D suivant le sens) permet de différencier les mouvements ascendants ou descendants, et également d'éviter les incertitudes que pourrait provoquer le roulis du bateau.

Étant donnée la netteté des signaux, l'isolement n'a pas besoin d'être excellent et l'expérience montre qu'un fil souple à deux conducteurs 9/10 du commerce, bien isolé, est suffisant pour assurer à la fois la conduite du courant et la sustentation de l'appareil qui est d'un poids minime (5^{kg} environ).

Cet appareil, qui commence à donner des indications à partir d'un courant vertical de 3^{cm} par seconde, peut être facilement utilisé à bord d'une petite barque et descendu à plusieurs centaines de mètres de profondeur.

Utilisé déjà au laboratoire maritime de Saint-Servan pour étudier les remous au voisinage des lignes rocheuses, il vient d'être employé dans la région de Gibraltar, où des sondages pratiqués jusqu'à 220^{m} de profondeur ont montré l'existence de mouvements verticaux importants, en accord avec les vues de Raphaël de Buen sur les interactions des eaux méditerranéennes et océaniques dans cette région.

CRYPTOGAMIE. — *De l'obtention de clones à propriétés fixes chez les* Actinomyces. Note de M. **J. Duché**, présentée par M. L. Mangin.

Les *Actinomyces*, fréquents dans l'air et le sol, sont des organismes voisins des bacilles tuberculeux. Ils sont très importants : ce sont les agents infectieux de maladies humaines graves et ils jouent un rôle actif dans le métabolisme des matières organiques du sol. Malheureusement les progrès de nos connaissances sur les *Actinomyces* ne sont pas en proportion des efforts qui ont été faits pour les étudier et cela tient en grande partie aux difficultés que l'on rencontre dans leur identification.

En effet, les *Actinomyces* sont très pauvres en caractères morphologiques. Formés d'éléments végétatifs : filaments ramifiés plus ou moins spiralés, ils ne possèdent pas d'éléments reproducteurs nettement différenciés sinon, à l'intérieur des filaments aériens d'un diamètre un peu supérieur à celui des filaments végétatifs, des condensations protoplasmiques qu'on assimile à des spores internes. Ces caractères, suivant leur présence ou leur absence, leur abondance plus ou moins grande, peuvent servir tout au plus à différencier des groupes, mais non à séparer des souches voisines.

L'activité biochimique de ces organismes est grande. Ils décomposent de nombreux hydrates de carbone dont l'amidon et même, d'après de nombreux auteurs, la cellulose. Ils sécrètent des enzymes protéolytiques fortes : tyrosinase, présure, caséase. Enfin, ils sont pigmentés ou pigmentent le milieu sur lequel ils poussent. On a donc pensé à utiliser les caractères résultant de cette activité pour séparer les souches, mais les auteurs qui ont employé cette méthode ne sont pas parvenus à des résultats certains. Ces caractères sont considérés comme variant suivant des lois qui nous échappent et par conséquent semblent inutilisables en taxinomie.

Les études que nous poursuivons depuis plusieurs années sur ce groupe nous conduisent à penser que cette variabilité a été exagérée. Nous maintenons en cultures pures, depuis plus de cinq ans, des souches provenant de cultures monospermes dont les propriétés morphologiques et biochimiques n'ont pas varié. Les *Actinomyces* étudiés appartiennent à deux groupes éloignés l'un de l'autre : le groupe *albus* et le groupe *asteroides*.

Il est indispensable pour obtenir cette fixité de partir d'une seule spore ou d'une arthrospore. L'agglutination fréquente des spores, difficiles à détacher les unes des autres, probablement à cause de la nature lipo-cireuse de leur membrane, rend leur isolement délicat. D'autre part, les espèces

nombreuses de ce groupe mélangent leurs spores et, dans les paquets agglutinés, on peut rencontrer plusieurs espèces qui, lorsqu'elles sont voisines, donnent des thalles mixtes d'apparence homogène dont un examen approfondi, mais insuffisamment prolongé, ne permet de juger la nature. Ces thalles mixtes changent d'aspect suivant les variations du rapport des spores des souches différentes qui les constituent, et suivant l'âge ou le nombre des repiquages lorsque l'une des espèces succombe sous l'effet de la concurrence de l'autre.

D'autre part, les propriétés biochimiques doivent être étudiées sur des milieux synthétiques. Une souche repiquée successivement sur des milieux différents, synthétiques ou naturels, reprend exactement ses mêmes propriétés sur un même milieu synthétique.

On peut donc considérer que les *Actinomyces* forment des séries à propriétés fixes : des clones au sens que le Professeur Chodat attribue à ce nom. Par conséquent on peut créer une systématique des *Actinomyces*, ce qui est de nature à faciliter l'étude de leurs applications tant médicales qu'industrielles.

ZOOLOGIE. — *Position systématique des Araignées du genre* Liphistius, *d'après leur anatomie interne*. Note de M. J. Millot, présentée par M. M. Caullery.

On sait que les *Liphistius* sont de fort curieuses Araignées d'Extrême-Orient, dont l'abdomen est partiellement revêtu de plaques chitineuses tergales. Ils étaient très insuffisamment connus et il s'était élevé d'intéressantes discussions relatives à leur parenté vis-à-vis des autres Araignées, ainsi qu'à la signification réelle de leurs plaques tégumentaires : celles-ci étaient interprétées par nombre de zoologistes comme des vestiges d'une métamérisation abdominale originelle, et la famille considérée en conséquence comme primitive, mais cette opinion était loin d'être admise par tous. Un lot de *Liphistius*, en parfait état de conservation, que je dois à la grande obligeance de M. W. S. Bristowe, et dont j'ai pu minutieusement étudier l'anatomie interne, me permet de verser au débat des arguments décisifs et, semble-t-il, d'un réel intérêt général. Les faits les plus instructifs, les seuls dont je ferai état ici, concernent le système nerveux et l'appareil circulatoire.

Chez toutes les Araignées connues jusqu'ici, le système nerveux central

est représenté par les ganglions cérébroïdes, les ganglions chélicéraux et une masse sous-œsophagienne très condensée, dans laquelle une analyse attentive parvient à discerner 12 neuromères complètement fusionnés. Chez les *Liphistius*, cette masse sous-œsophagienne est beaucoup plus allongée, beaucoup moins condensée que chez les autres Araignées; de plus, ses moitiés droite et gauche ne sont pas fusionnées, mais réunies sur



Coupe sagittale du céphalothorax de *Liphistius malayanus*, montrant les commissures métamériques de la masse nerveuse sous-œsophagienne. *o*, œsophage; *s*, sinus sanguin; *c. n.*, cellules nerveuses.

la ligne médiane par des commissures métamériques bien individualisées, séparées qu'elles sont par de larges espaces vasculaires; chacune de ces commissures indique, de façon évidente, un neuromère originel. On compte ainsi, chez les *Liphistius*, 17 neuromères, soit 5 de plus que chez toutes les autres Aranéides. Il est intéressant de remarquer que ce nombre 17 se retrouve chez certains Pédipalpes comme les Phrynides; mais il faut souligner qu'une condensation aussi incomplète des ganglions nerveux primitifs ne s'observe au même degré chez aucun autre Arachnide.

L'étude de l'appareil circulatoire montre que le cœur des *Liphistius* est muni de 5 paires d'orifices valvulaires (pylocardes). Rappelons, pour donner à ce fait toute sa signification, qu'il n'en existe que 4 chez les

Mygalomorphes, 3 ou 2 chez les Aranéomorphes [1], alors que l'on en compte 5 chez les Tartarides (Pédipalpes), 6 chez les Phrynides (Pédipalpes), et 8 chez les Scorpionides. La valeur métamérique des pylocardes est attestée par le fait que, chez les *Liphistius*, comme chez les Arachnides à abdomen segmenté, ils se trouvent exactement situés dans le plan d'union des plaques tergales. En outre, à chacun d'eux correspond : *a*, une paire d'artères; *b*, une paire de veines pulmonaires, fonctionnelles ou transformées en ligaments; *c*, une paire de gros faisceaux conjonctivo-musculaires (piliers) encadrant latéralement le cœur et fixés — en haut sur la chitine dorsale entre les plaques tergales — en bas sur la chitine ventrale. Ces piliers aboutissent en arrière des poumons antérieurs pour la première paire, en arrière des poumons postérieurs pour la deuxième, en arrière des premières filières pour la troisième paire, en arrière des deuxièmes filières pour la quatrième; les piliers limitent ainsi nettement dans l'abdomen quatre segments antérieurs.

Ces restes indiscutables de métamérisation interne témoignent que les Liphistiides sont des Araignées à caractère primitif d'un très grand intérêt, reliant en particulier les Aranéides aux Pédipalpes : elles semblent très voisines des Arthrolycosidés et des Arthromygalidés du Carbonifère et n'auraient guère évolué depuis cette époque.

Ces données seront complétées et développées dans un travail d'ensemble fait en collaboration avec W. S. Bristowe, à paraître dans les *Proceedings of the Zoological Society of London*.

PHARMACOLOGIE. — *Variabilité des effets de la spartéine sur l'intestin* in situ. Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Charles Richet.

Les très nombreuses expériences que nous avons pratiquées sur le chien chloralosé, en utilisant la méthode du ballon, nous ont appris qu'en réalité les effets intestinaux de la spartéine varient beaucoup suivant les individus. En effet, quand on l'administre, en injection intraveineuse, à la dose de 10^{mg} par kilogramme, la spartéine montre parfois une action exclusivement inhibitrice; mais, dans certains cas, elle n'a aucune action, cependant que, dans d'autres, elle manifeste des effets moteurs qui sont le plus souvent suivis d'effets inhibiteurs.

---

(1) Terme que je propose, par symétrie avec Mygalomorphes, pour désigner les Araignées vraies.

L'action intestinale exclusivement inhibitrice de la spartéine se traduit le plus souvent par une chute du tonus s'accompagnant d'une diminution de l'amplitude des contractions intestinales (*fig.* 1). Dans quelques cas cependant, elle se révèle seulement par un affaiblissement du péristaltisme ou par une chute du tonus.

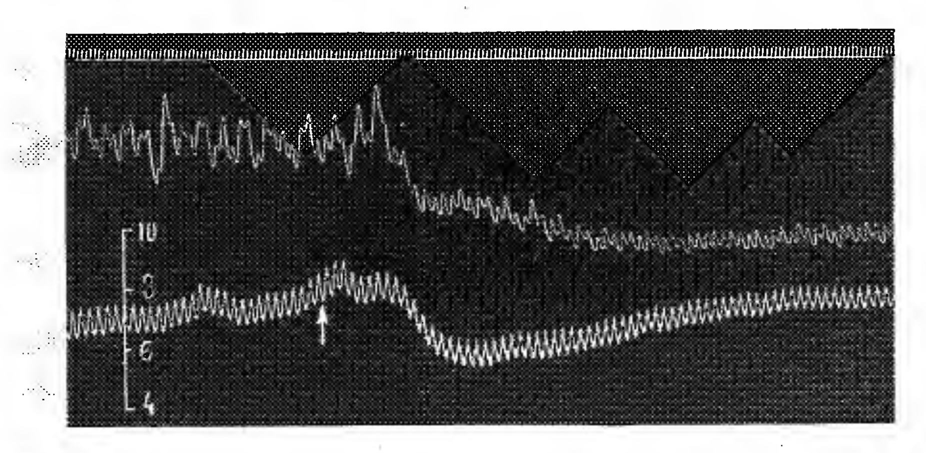


Fig. 1. — Expérience du 5 novembre 1939. Chienne de 15^{kg} anesthésiée par le chloralose (12^{cg} par kilogramme) ayant ses vagues coupés au cou et soumise à la respiration artificielle. Première ligne : temps en secondes ; deuxième ligne : contractions de la musculature circulaire de l'intestin grêle enregistrées par la méthode du ballon ; troisième ligne : variations de la pression carotidienne enregistrées au moyen du manomètre à mercure. Au point marqué par la flèche, injection, dans la saphène, de 150^{mg} de sulfate de spartéine pure de Houdé en solution dans 15$^{cm^3}$ de soluté physiologique de chlorure de sodium. Tracé réduit de 1/5e.

L'action motrice se manifeste presque toujours par une hausse plus ou moins brusque du tonus qui amène celui-ci à un niveau très supérieur à son niveau initial. Quand il a atteint son niveau maximal, le tonus s'abaisse, le plus souvent lentement et progressivement, mais dans quelques cas cependant assez brusquement, jusqu'à un niveau généralement inférieur au niveau initial. Quant à l'amplitude des contractions, elle reste parfois égale à ce qu'elle était initialement, mais le plus souvent elle se montre, au moment où le tonus atteint son niveau minimal, inférieure à ce qu'elle était avant l'injection (*fig.* 2).

L'action inhibitrice que la spartéine manifeste, soit d'emblée, soit secondairement, n'est pas liée à une hypersécrétion adrénalinique, car elle se produit aussi souvent chez l'animal bisurrénalectomisé que chez l'animal normal.

Si l'on fait état de ce que, comme nous l'avons démontré, des doses

suffisantes de nicotine ou des substances qui s'en rapprochent le plus au point de vue pharmacologique, ont, sur l'intestin *in situ* du chien mis dans les conditions expérimentales auxquelles nous avons eu recours pour notre étude des effets intestinaux de la spartéine, une action biphasique : fortement motrice d'abord, non moins fortement inhibitrice ensuite, on doit admettre

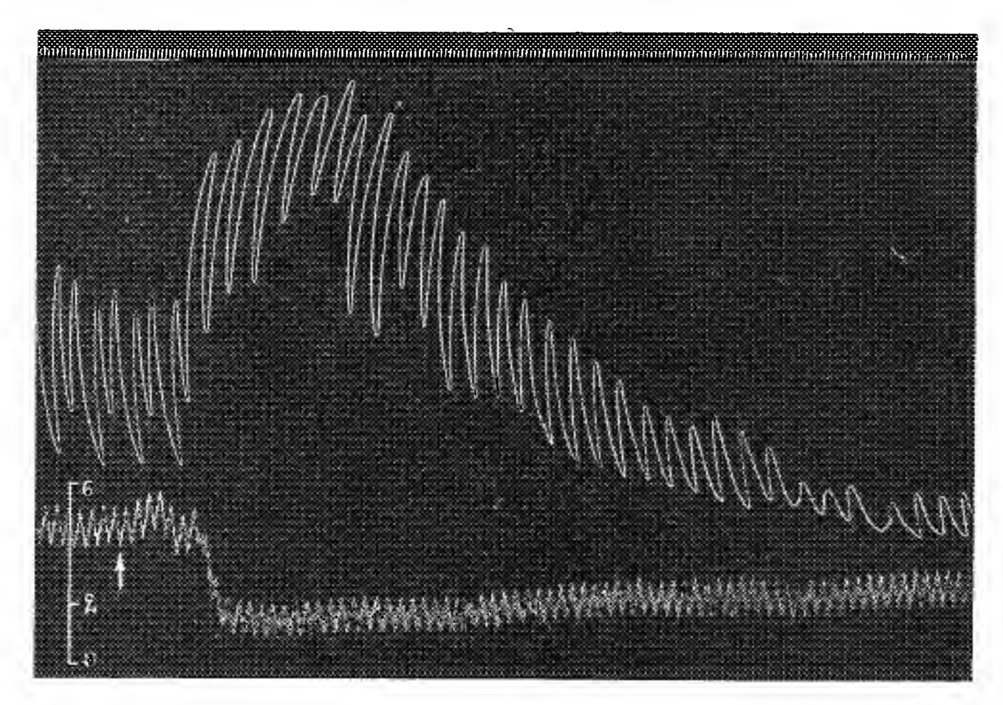


Fig. 2. — Expérience du 20 novembre 1929. Chienne de 18kg anesthésiée par le chloralose (12cg par kilogramme) ayant ses vagues coupés au cou et soumise à la respiration artificielle. Première ligne : temps en secondes; deuxième ligne : contractions de la musculature circulaire de l'intestin grêle enregistrées par la méthode du ballon; troisième ligne : variations de la pression carotidienne enregistrées au moyen du manomètre à mercure. Au point marqué par la flèche, injection, dans la saphène, de 180mg de sulfate de spartéine pure de Houdé en solution dans 18cm³ de soluté physiologique de chlorure de sodium. Tracé réduit de 1/5e.

que la spartéine, quoique pouvant être rangée par certains de ses caractères biologiques dans le grand groupe des substances nicotiniques, se distingue cependant très nettement de la nicotine et des alcaloïdes réellement affines. Elle peut donc être tenue pour une substance qui, parce qu'elle a une action biologique propre, ne peut être remplacée en thérapeutique humaine par un de ces alcaloïdes.

En outre, puisque la spartéine paralyse les synapses ganglionnaires et que son action sur l'intestin varie suivant les individus, on peut penser

qu'elle élimine l'influence des centres sur l'intestin. Il semblerait donc logique de l'utiliser dans les troubles intestinaux d'origine nerveuse, de même qu'on l'emploie dans les névroses cardiaques.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Constance de la pente limite, variations inverses de la chronaxie et de la constante linéaire au cours de l'électrotonus des nerfs.* Note [1] de MM. Philippe Fabre et Pierre Faidherbe, présentée par M. d'Arsonval.

L'un de nous a déjà décrit un dispositif à kénotron et condensateur engendrant des courants progressifs à croissance bien linéaire, susceptibles d'être utilisés en Électrophysiologie (excitateur linéaire) [2]. Les résultats qu'il a obtenus sur les nerfs [3] lui ont permis de montrer que les mesures par courants brefs (chronaxie) et par courants linéaires progressifs (constante linéaire) se rapportent probablement à des phénomènes différents : les premiers étant relatifs à la réaction d'excitation locale, les seconds aux conditions de propagation de l'influx nerveux.

L'absence de parallélisme entre constante linéaire et chronaxie devient aujourd'hui évidente grâce à nos nouvelles constatations au cours de l'électrotonus des nerfs. Loin de varier proportionnellement l'un à l'autre, ces deux paramètres varient ici exactement en raison inverse, en sorte que leur produit demeure constant.

Cette variation inverse tient à ce fait que les variations de la rhéobase par électrotonus entraînent une variation inverse de la chronaxie, alors qu'elles n'entraînent aucune variation de la pente limite des courants progressifs.

La constante linéaire, quotient de la rhéobase par la pente limite varie donc comme la rhéobase, c'est-à-dire en raison inverse de la chronaxie.

Le fait expérimental nouveau : constance de la pente limite au cours de l'électrotonus, a pu être vérifié par nous, même pour des électrotonus forts réduisant de moitié la rhéobase (cathélectrotonus) ou la doublant (anélectrotonus.

(1) Séance du 27 décembre 1932.
(2) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 699, et *Journal de Radiol. et Electrol.*, 12, 1928, p. 49.
(3) Ph. Fabre, *C. R. Soc. Biol.*, 108, 1931, p. 1248 et 1250.

Nous opérions soit par la technique classique à quatre pôles (deux pour l'électrotonus en amont, deux pour l'excitation en aval), soit par une technique à trois pôles, l'excitation étant monopolaire immédiatement en aval ; l'autre pôle d'excitation était alors placé dans la bouche de la grenouille. Un commutateur nous permettait de passer du montage à excitation linéaire à un montage de chronaxie (condensateur à deux ruptures de Lapicque).

La constance de la pente limite a été vérifiée au degré de précision des expériences. Cependant il nous a paru que de petits écarts systématiques, n'excédant pas un quinzième de la valeur de la pente, se manifestaient en faveur d'une élévation de la pente par anélectrotonus, et d'une diminution par cathélectrotonus.

La description complète de l'appareillage trouvera sa place dans une monographie relative à l'excitation linéaire.

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Preuve spectrographique de la formation de substances par excitation des nerfs cardiaques.* Note de MM. **Z. M. Bacq** et **V. Henri**, présentée par M. Perrin.

Introduction. — Tout un ensemble de recherches faites par l'un de nous [1] avait amené à supposer qu'il se forme une substance chimique intermédiaire entre la fibre sympathique postganglionnaire et la cellule réceptrice, ce corps diffusant dans les humeurs de l'organisme.

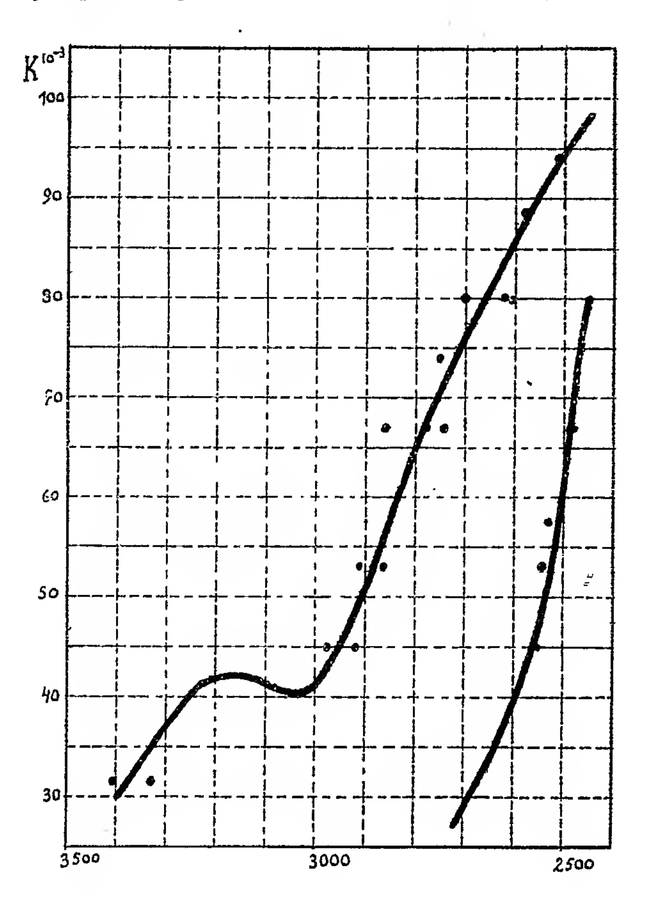
Le fait que cette substance dénommée *sympathine* n'est libérée qu'en quantités infinitésimales rend l'étude chimique extrêmement difficile. C'est pourquoi nous cherchons à en préciser la nature par la méthode des spectres d'absorption.

Technique. — On perfuse sous faible pression avec du liquide de Ringer le cœur d'une grenouille hongroise (*rana temporaria*) spinalisée. Une canule est fixée dans le sinus veineux; on ligature les hiles pulmonaires et le tronc aortique droit; le liquide de perfusion est recueilli par une canule placée dans l'aorte gauche. Dès que le Ringer sort clair, on le prélève, on l'acidifie au moyen d'acide sulfurique dilué de façon à l'amener au pH 6 et l'on conserve à la glacière. On faradise alors avec un courant d'intensité moyenne

---

[1] (Avec W. B. Cannon), *Amer. Journ. Physiol.*, 96, 1931, p. 392; (avec L. Brouha), *Arch. Int. Physiol.*, 35, 1932, p. 163; *C. R. Soc. Biol.*, 107, 1931, p. 1584.

le bout périphérique du tronc vagosympathique droit isolé le plus près possible du cœur; cette stimulation provoque l'arrêt du cœur; on l'interrompt pour permettre au cœur de se contracter et d'expulser son contenu, on reprend ensuite la stimulation en l'interrompant dès que le cœur s'arrête et ainsi de suite jusqu'à ce que l'on ait recueilli 20^{cm^3} de perfusat. Ce liquide



est acidifié et conservé de la même façon que le témoin. On étudie ensuite quantitativement le spectre d'absorption dans l'ultraviolet des deux liquides placés dans une cuvette de 20^{cm}; la source lumineuse étant une étincelle de FeCd.

Résultats. — 1. Le liquide de perfusion du cœur non stimulé absorbe seulement dans l'ultraviolet lointain de $\lambda < 2700$. Cette absorption est due aux sels que renferme le liquide de *Ringer*.

2. Le liquide de perfusion du cœur stimulé présente une absorption forte à partir de λ 3400.

3. La courbe d'absorption présente une bande d'absorption avec un maximum vers 3150; puis, après un minimum vers 3000, la courbe monte rapidement vers l'ultraviolet (voir la figure).

Le tableau suivant donne les valeurs moyennes du coefficient d'absorption du liquide de perfusion du cœur stimulé et du liquide de perfusion du cœur non excité ($K = 0,9/20 \log t'/t$) :

Liquide de perfusion du cœur stimulé.		*Cœur non excité.*	
3400..........	$K = 30.10^{-3}$	2700..........	$K = 31.10^{-3}$
3200..........	42	2600..........	42
3000..........	41	2500..........	67
2900..........	52		
2800..........	67		
2700..........	77		
2500..........	95		

4. La position des bandes d'absorption rappelle qualitativement les bandes d'absorption des polyphénols, ce qui confirme les indications chimiques recueillies par l'un de nous ([1]). Il y a lieu, par des isolements différents, de préciser la nature des substances libérées par l'excitation des nerfs.

Conclusion. — L'étude spectrographique apporte une preuve certaine du passage dans le liquide de perfusion de substances produites dans le cœur de grenouille par l'excitation du tronc vagosympathique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Contribution à la connaissance des hormones sexuelles femelles.* Note de MM. **G. Sandulesco**, **Wang Wen Tchung**, et **A. Girard**, présentée par M. Fosse.

Dans une récente Communication ([2]) nous avons fait connaître l'existence, dans les urines des juments gravides, d'une nouvelle hormone oxycé-

---

([1]) *C. R. Soc. Biol.*, 107, 1931, p. 1584, et 110, 1932, p. 564.

([2]) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 981.

tonique cristallisée, l'équilénine $C^{18}H^{18}O^2$, dans laquelle nous avons admis l'existence d'un noyau naphtalénique.

Conduits par cette hypothèse, nous avons été amenés à rechercher si, comme le font la plupart des dérivés du naphtalène, l'équilénine ne donnait pas de complexes avec l'acide picrique et d'autres polynitrophénols.

L'expérience a pleinement répondu à notre attente et nous avons trouvé dans l'acide picrique un réactif de précipitation permettant d'isoler en quelques minutes l'équilénine des mélanges d'hormones les plus complexes.

La combinaison de l'équilénine avec l'acide picrique répond à la formule $C^{18}H^{18}O^2.C^6H^2OH(NO^2)^3$; elle se présente en très fines aiguilles rouge orangé, solubles à raison de $17^g,5$ par litre dans la solution alcoolique bouillante d'acide picrique à 5 pour 100. Cette même solution n'en dissout que 1^g par litre à 20°.

La solubilité du picrate d'équilénine à froid, bien que faible, ne permet pas de séparer cette hormone de la folliculine, lorsqu'elle se trouve en mélange avec cette dernière dans une proportion inférieure à 1/10. Il est alors nécessaire de concentrer l'équilénine dans les eaux mères alcooliques par quelques cristallisations fractionnées.

L'acide styphnique donne également avec la nouvelle hormone une très belle combinaison équimoléculaire cristallisant en aiguilles jaune orangé, mais trop soluble pour pouvoir être avantageusement utilisée.

Dans une solution alcoolique saturée de 2.4.6-trinitrorésorcine, elle se dissout à raison de 72^g par litre à l'ébullition et de 8^g à 15°.

Le picrate et le styphnate d'équilénine, après une seule recristallisation dans l'alcool saturé d'acide picrique ou d'acide styphnique, sont purs, et il suffit, pour isoler l'hormone qu'ils renferment, d'agiter leur suspension éthérée avec une solution diluée de carbonate de soude.

Poursuivant l'étude des combinaisons picriques des hormones, nous avons constaté que la folliculine donne aussi, dans certaines conditions, une combinaison picrique, mais celle-ci est extrêmement dissociable et ne renferme qu'une demi-molécule d'acide picrique. Elle se présente en gros cristaux rouge brun, solubles dans l'acide picrique alcoolique bouillant à 6 pour 100 à raison de 75^g par litre et de $8^g,6$ à 20°.

Pour obtenir cette combinaison il suffit de faire cristalliser ensemble l'hormone et la quantité calculée d'acide picrique dans la solution alcoolique saturée. Si la cristallisation n'est pas amorcée, l'hormone se sépare

seule tout d'abord, et ce n'est qu'après un long repos que les gros cristaux bruns apparaissent, grossissent au détriment des cristaux d'hormone qui finissent par disparaître après plusieurs jours.

La découverte du picrate d'équilénine nous a permis de constater que cette hormone est en réalité un des constituants principaux du mélange des hormones de la jument. Elle est presque inexistante jusqu'au 175e jour de la gestation, elle apparaît en quantité fort appréciable vers le 200e jour pour devenir très abondante dans les derniers mois de la gravidité, alors que la folliculine décroît considérablement.

La recherche de petites quantités d'équilénine peut se faire avec facilité en la transformant en rouge d'équilénine par chauffage au contact de l'air. Nous avons basé sur cette propriété un procédé de dosage colorimétrique fort sensible. Si l'on enferme dans une ampoule de 5$^{cm^3}$ à fond rond, scellée à la lampe, 2^{mg} d'un mélange d'hormones quelconque et qu'on l'immerge pendant 3 minutes dans un grand tube à essais renfermant du diphényle bouillant (255°), la transformation de l'équilénine en rouge d'équilénine est complète. On ouvre l'ampoule, on redissout dans l'acétone, on ajoute un volume d'eau et l'on titre colorimétriquement, soit par comparaison avec une solution de fuchsine, soit mieux avec du rouge d'équilénine pur.

Cette épreuve nous a permis de constater : 1° que la folliculine de l'urine de femme ne renferme pas d'équilénine; 2° que tous les échantillons d'hormones de jument en notre possession, en contenaient en proportions importantes, y compris un échantillon ayant subi vingt cristallisations successives.

Comme le pouvoir rotatoire spécifique de cette hormone est faible (+ 87°), on peut tenir pour certain que sa présence a faussé toutes les mesures de pouvoir rotatoire et probablement d'autres constantes physiques publiées jusqu'ici, dont la révision s'imposera dans un avenir prochain.

Il nous a paru intéressant de rechercher une méthode d'élimination complète de l'équilénine, dans la folliculine déjà purifiée, nous y sommes encore parvenus par l'emploi des combinaisons picriques.

La folliculine et l'équilénine cristallisent avec l'acide picrique selon des proportions différentes et suivant des types cristallins absolument distincts; il s'ensuit qu'en présence d'acide picrique, les deux corps perdent leur tendance à la syncristallisation.

Le picrate de folliculine, deux fois recristallisé, donne une hormone qui ne présente plus la réaction rouge.

Nous avons préparé les nouveaux dérivés suivants de l'équilénine :

Éther oxyde méthylique : longues aiguilles (alcool) F. 197-198° (corr.) (capill. immers. instant.). Donne la réaction rouge, mais par un chauffage plus prolongé.

Semicarbazone : aiguilles microscopiques. F. 268° (capill.) en se décomposant.

Picrate : $C^{18}H^{18}O^2.C^6H^3O^7N^3$; prismes microscopiques rouge orangé. Fond entre 205 et 208° (corr.) en se décomposant (capill.).

Picrate de l'acétate : lamelles microscopiques rouge orangé. F. 106-107° (mercure).

Styphnate : aiguilles microscopiques jaune orangé. Fond à 212-213° en se décomposant (capill. par immers. instant.).

L'équilénine, que nous avons pu préparer en quantités relativement grandes, semble devoir jouer un rôle important dans l'étude de la constitution des hormones femelles grâce aux possibilités de coupures et de transformations toutes particulières qu'offre le noyau naphtolique.

A 15h50m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h10m.

É. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE NOVEMBRE 1932 (*suite et fin*).

Ressources végétales du Sahara et de ses confins Nord et Sud, par AUG. CHEVALIER. Paris, Muséum d'histoire naturelle. Laboratoire d'agronomie coloniale, 1932; 1 vol. 25cm,5. (Présenté par M. Tilho.)

Cours de chaudières à vapeur de l'École du Génie civil et de navigation de Paris, par J. GALOPIN et H. M. ASTRUC. In *Bibliothèque d'enseignement polytechnique*, nº 4. L. Paris, Charles Lavauzelle et Cie, 1932; 1 vol. 28cm,5.

A Demonstration Visual Test, par LUCKIESH et FRANK K. MOSS. Ñela Park, General Electric Company, s. d.; 1 vol. 23cm,5.

Contribution à l'étude des perturbations magnétiques, par JOSEPH LEVINE. Extrait de *La Météorologie*. Paris, Société météorologique de France, 1932; 1 fasc. 27cm,5.

Mikroskopie für Jedermann. Eine methodische erste Einführung in die Mikroskopie mit praktischen Übengen, par GEORG STEHLI. Stuttgart, Franckh'sche Verlagshandlung, 1932; 1 vol. 25cm,5.

La Société entomologique de France (1832-1931), par P. DE PEYERIMHOFF. In *Société entomologique de France. Livre du Centenaire*. Paris, au siège de la Société, 1932, 1 vol. 27cm. (Présenté par M. L. Bouvier.)

Catalogue des plantes vasculaires de la Champagne crayeuse, par J. LAURENT. Tome II. Paris, E. Orlhac, 1932; 1 vol. 24cm.

Le trésor des portes de fer, par GR.-C. VASILESCO. Extrait de la revue *România Maritimà si Fluvialà*. Bucarest, E. Marvan, 1932; 1 fasc. 23cm.

Analisi Urine, par GIACOMO TELLERA. Guida pratica per la Rapida e Sicura Analisi delle Urine. Milano, Ulrico Hoepli, 1932; 1 vol. 15cm,5. (Présenté par M. R. Fosse.)

Traité de Chimie minérale :

— *Carbone. Silicium. Titane. Germanium. Zirconium. Celtium. Ammonium*, par J. AMIEL, J. BARDET, M. BILLY, P. BRUN, P. CAMESCASSE, A. MAILHE, P. PASCAL, M. PICON; H. PIED, M. SAMSOEN, A. TCHAKIRIAN. Tome V.

— *Molybdène. Tungstène. Uranium. Thorium. Métaux de la famille du platine*, par C. BOULANGER, R. CHARONNAT, M. DÉLÉPINE, C. DUVAL, R. FLATT, L. MALAPRADE, P. POULENC, A. TRAVERS, Tome XI. Paris, Masson et Cie, 1932; 2 vol. 26cm.

Barrages et Géologie. Méthodes de recherches, Terrassement et imperméabilisation, par MAURICE LUGEON. Paris, Dunod, 1933; 1 vol. 27cm.

Les Tectites de l'Indochine, par A. Lacroix. Extrait des *Archives du Muséum national d'histoire naturelle*, 7e série, t. VIII, 1932. Paris, Masson et Cie; 1 vol. 33cm.

Sur la Guarinite. Formules à attribuer à ce minéral; à la Hiortdahlite *et à la* Wöhlérite. *Relation entre les compositions chimiques de ces trois minéraux, ainsi qu'entre leurs formes cristallines et entre l'orientation des plans de leurs axes optiques*, par G. Cesàro, Bruxelles, Maurice Lamertin, 1932; 1 fasc. 25cm.

I. *Sur une propriété du décagone régulier.* — II. *Sur une équation à coefficients entiers dont* π *est très approximativement la racine.* — III. *Segments déterminés sur les médianes d'un triangle sphérique par leur point d'intersection.* — IV. *Relation entre le périmètre* 2p *et les rayons* r *et* R, *des cercles inscrit et circonscrit, dans un triangle rectiligne isoscèle*, par G. Cesàro. Extrait des *Mémoires de la Société royale des Sciences de Liége*, 3e série, t. XVII. Bruxelles, Marcel Hayez, 1932; 1 fasc. 25cm.

Antony van Leeuwenhoek and His « Little Animals », par Clifford Dobell, F. R. S. London, John Bale, Sons et Daniellsson, 1932; 1 vol. 25cm,5. (Présenté par M. Mesnil.)

Ouvrages reçus pendant les séances de décembre 1932.

Cinquantenaire. Association des chimistes de sucrerie, de distillerie et industries agricoles de France et des colonies. 1882-1932. Paris, Berger-Levrault, 1932; 1 vol. 24cm.

Description géométrique détaillée des Alpes françaises, par Paul Helbronner. Tome VII : *Massifs de Haute Maurienne.* Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1932; 1 vol. 34cm.

Traité de cytologie végétale, par A. Guilliermond, G. Mangenot, L. Plantefol. Paris, Librairie E. Le François, 1933; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. M. Molliard.)

La transplantation animale, par Raoul M. May. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1932; 1 vol. 21cm. (Présenté par M. E. Roux.)

Leçons sur la théorie de l'élasticité et ses relations avec la résistance des matériaux, par Edmond Dreyfuss. Paris, Librairie de l'Enseignement technique, 1932; 1 vol. 25cm,5.

Études biologiques des coccides du bassin occidental de la Méditerranée, par A. Balachowsky. In *Encyclopédie entomologique*, tome XV. Paris, Paul Lechevalier, 1932; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. P. Marchal.)

Cours de Chimie, IIe Partie : *Métaux*, à l'usage des candidats à la licence et à l'agrégation, par J. Lamirand et H. Pariselle. Paris, Masson et Cie, 1933; 1 vol. 25cm.

Nouvelles observations des étoiles contenues dans le second Catalogue de l'Observatoire de Bordeaux, publiées sous la direction de M. L. Picart. *Étoiles du repère du Catalogue photographique. Zone* + 10 *à* + 18°. Hendaye, Imprimerie de l'Observatoire d'Abbadia, 1932; 1 vol 27cm,5. (Présenté par M. Ernest Esclangon.)

Observatoire de Paris. *Catalogue photographique du Ciel. Coordonnées rectilignes.*

Tome VII : *Zone* + 17° *à* + 19°. Laval, Imprimerie Barnéoud, 1932; 1 vol. 32cm,5. (Présenté par M. Ernest Esclangon.)

O Espectro Solar Lei da criação dos vegetais e animais, par MIGUEL JOSÉ RODRIGUES. Porto, Tipografia Sequeira, 1931; 1 vol. 19cm.

Microénergétique, par PIERRE BRICOUT. Tome I. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1933; 1 vol. 25cm,5.

L'extinction des liquides inflammables en combustion, par CAMILLE MATIGNON. Extrait de *Chimie et Industrie*, vol. 28, n° 5, novembre 1932. Paris, Chimie et Industrie; 1 fasc. 27cm.

ERRATA.

(Séance du 27 décembre 1932.)

Note de M. *G.-A. Boutry*, Sur le calcul d'un amplificateur de basse fréquence pour cellule photo-électrique :

Page 1385, ligne 3 en remontant, *au lieu de*

$$\frac{1}{Z^x} = \frac{1}{\sigma} - \frac{mc\pi}{J},$$

lire

$$\frac{1}{Z^x} = \frac{1}{\sigma} - \frac{mc\omega}{j}.$$

Page 1386, en note, *au lieu de* $\sqrt{\rho^2 + \alpha^2 + \omega^2}$, *lire* $\sqrt{\rho^2 + \mathcal{L}^2 + \omega^2}$; avant-dernière ligne, *au lieu de* σ/ρ, *lire* σ/p; dernière ligne, dans toute l'équation, *au lieu de* $1 + \rho^2$, *lire* $1 + p^2$.

Note de MM. *L. Palfray, S. Sabetay* et Mlle *Denise Sontag*, Sur l'action de divers agents déshydratants sur l'alcool phényléthylique primaire :

Page 1393, ligne 23, *au lieu de* 5^g, *lire* 5 gouttes.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 16 JANVIER 1933.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES RICHET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Domaines plans à connexion multiple. Choix de coordonnées de référence. Coordonnées électrostatiques.* Note de M. **Marcel Brillouin.**

1. Je me propose dans cette Note d'indiquer, pour les domaines à connexion multiple, un choix de coordonnées curvilignes qui fournit un utile rapprochement avec les domaines simplement annulaires, et permet d'étendre aux domaines à connexion multiple la plupart des propriétés et des méthodes de calcul propres à ces domaines annulaires.

Ce qui permet une expression simple de la solution d'une équation aux dérivées partielles quelconque pour un domaine annulaire, c'est l'existence d'une coordonnée — le plus souvent, l'angle azimutal α — dont la variation de zéro à 2π fournit tous les points de la frontière extérieure une fois et une seule, et de même pour la frontière intérieure, avec correspondance biunivoque de chaque point de l'une à un point de l'autre.

Si la forme de chacune des frontières n'est pas très ondulée ou dentelée, on trouve aisément un point origine convenable dans l'îlot central; l'angle azimutal est alors la coordonnée utile. Si l'une des frontières est très ondulée, par exemple en croissant, il faudra choisir des coordonnées moins simples, à deux ou trois pôles intérieurs à l'îlot central, par exemple, ou telles autres que fournira facilement l'arsenal des fonctions complexes $v + ui$; la partie réelle v fournissant les lignes de niveau qui s'enveloppent les unes les autres et ont une allure analogue aux contours donnés, le

coefficient u de $\sqrt{-1}$ donne les trajectoires orthogonales qui établissent la correspondance biunivoque entre les points des deux frontières, et décrivent chacune d'elles sans rupture ni duplicature en variant de o à 2π (par exemple).

Il s'agit de définir tous les contours de tous les îlots de manière à conserver une propriété de ce genre.

2. *Coordonnées électrostatiques.* — Je me suis heureusement aperçu que rien n'est plus simple. Il suffit de se rappeler quelques propriétés du potentiel dont l'énoncé est le plus clair en langage électrostatique.

Le maximum absolu du potentiel se trouve en un point de la frontière. Il en est de même du minimum.

Si donc j'adopte *zéro* pour potentiel de la frontière extérieure et d'un certain nombre d'îlots, et V_1 pour potentiel de tous les autres îlots, le potentiel dans tout le domaine sera compris entre zéro et V_1.

Toutes les lignes de force iront, sans aucun croisement, de la frontière V_1 à la frontière zéro. Aucune ligne de force non nulle *ne peut aller d'un point d'un des îlots V_1 à un autre point au même potentiel V_1, ni d'un point au potentiel zéro à un autre point au même potentiel zéro. Les lignes de force établissent une correspondance biunivoque entre chaque point de la frontière au potentiel V_1 — quel que soit le nombre d'îlots qui constituent cette frontière — et chaque point de la frontière zéro — quel que soit le nombre d'îlots qui la forment, avec le contour extérieur.*

Soient M *la charge totale de l'ensemble des îlots au potentiel V_1, et* — M *la charge totale des îlots et du contour au potentiel zéro; le flux de force total est* $2\pi M$, *et les extrémités des lignes de force décrivent une fois et une seule chacune des deux frontières, quand on fait varier le flux de force de* zéro *à* $2\pi M$.

C'est à de telles coordonnées de référence que j'ai donné, dans une conférence à l'Institut Poincaré (29 novembre 1932), le nom de *coordonnées électrostatiques*.

3. *Parcours des frontières.* — Partons d'un point arbitraire de la frontière V_1, et suivons-la dans le sens des flux croissants u. Nous décrirons d'abord une partie du contour de l'îlot A, et nous atteindrons bientôt un point où la force est nulle, point de départ d'une ligne de force constamment nulle qui se termine en un point d'un îlot voisin B ; le flux u continuant à croître, on décrira une partie de B jusqu'à une nouvelle région de force nulle, où se fera le passage à un autre C des îlots de potentiel V_1. Continuant, on finira par revenir décrire (en une ou en plusieurs fois) les arcs complémentaires des îlots A, B, toujours en arrivant par une région de force nulle, et en changeant d'îlot en un autre point de force nulle, jusqu'à ce

qu'on revienne sur A au point de départ avec la valeur $u = 2\pi M$ du flux.

Suivons maintenant jusqu'au potentiel zéro la ligne origine des flux; nous décrirons de la même manière tous les îlots et le contour du potentiel zéro, en passant une fois et une seule par chaque point; le passage d'un îlot à un autre ou au contour extérieur se fera toujours dans une région de force nulle des deux contours.

Il n'y a d'ailleurs aucune correspondance entre les régions de force nulle sur les îlots V et celles sur les îlots zéro.

Les lignes de niveau v, même les plus voisines des extrêmes (V_1 et zéro), sont des lignes très sinueuses qui suivent les contours des îlots de près, sauf en face des arcs de force presque nulle. Chacune de ces lignes de niveau se trace d'un trait continu, *car aucune d'elles ne peut couper les lignes de force constamment nulle;* en sorte que le domaine entre la ligne de niveau $V_1 - \varepsilon_1$ et la ligne de niveau $+\varepsilon_0$ est exactement un domaine annulaire, de même connexion que l'anneau compris entre deux circonférences.

Le potentiel v jouera dans toutes les formules le même rôle que r pour l'anneau circulaire, et le flux u le même rôle que α, avec la seule différence que le flux total est $2\pi M$ au lieu de 2π, en appelant M la charge totale des îlots positifs.

4. *Choix des coordonnées électrostatiques pour une distribution donnée d'îlots à l'intérieur d'un contour donné.* — Il s'agit maintenant de choisir judicieusement le système de coordonnées électrostatiques pour chaque distribution des îlots. Je puis choisir arbitrairement les îlots positifs et les îlots négatifs; c'est ce qu'on fera facilement pour peu qu'on se soit exercé à tracer *à vue* quelques réseaux de lignes de force et de lignes de niveau. Le plus souvent, il conviendra de prendre un *groupe central positif* et un *groupe périphérique négatif ainsi que le contour.*

Vers le milieu de chaque îlot positif P_k, je prends un point polaire A_k de charge m_k; au milieu de chaque îlot négatif N_h un point polaire B_h de charge $-m_h$; il restera une charge négative, qu'il sera le plus souvent avantageux de répartir sur un ou plusieurs points extérieurs à la frontière, généralement éloignés; comprenons-la dans les charges désignées par les m_h,

$$\Sigma m_k = \Sigma m_h.$$

Je prends alors

$$v + iu = -\Sigma m_k \log(r_k : c_k) + \Sigma m_h \log(r_h : c_h) + i(\Sigma m_k \alpha_k - \Sigma m_h \alpha_h).$$

r_k, α_k sont les coordonnées polaires d'un point M du domaine, rapportées au pôle A_k, etc.

Choix des constantes c, m. — Comme je cherche seulement un système commode de coordonnées de référence, le choix des constantes est largement arbitraire.

Les indications suivantes, qui seront justifiées ailleurs, seront souvent utiles :

Ilots positifs. — On choisira *à vue* le rayon c_k, de manière que la circonférence de centre A_k traverse les régions où l'on veut que le potentiel total soit nul. Si la surface de l'îlot P_k équivaut à un cercle de rayon ρ_k $(\rho_k < c_k)$, on prendra m_k égal à $V_1 : (\log \rho_k - \log c_k)$.

Ilots négatifs. — Je prends pour c_h le rayon du cercle équivalent à l'aire de l'îlot, et pour ρ_h $(\rho_h > c_h)$ le rayon d'une circonférence de centre B_h, passant à travers les régions occupées par les îlots positifs V_1.

Enfin les pôles extérieurs, leurs charges et les rayons *c* seront choisis, après quelques essais graphiques, de manière à compenser ce qu'il peut y avoir d'un peu *boiteux* dans la distribution des îlots internes; on s'aidera pour cela de la distribution bicirculaire bien connue.

On formera ainsi après quelques tâtonnements le système de coordonnées de référence doué des propriétés énoncées au début de cette Note, et tel que les contours de potentiel V_1 soient très proches des contours donnés des îlots centraux, et les contours de potentiel *zéro* très proches du contour extérieur donné et des contours donnés des îlots périphériques.

Je montrerai dans une prochaine Note comment ces coordonnées électrostatiques se prêtent à la construction de séries donnant les intégrales d'équations linéaires quelconques aux dérivées partielles du second ordre, avec conditions aux contours données dans des domaines plans de connexion quelconque.

M. **Émile Borel** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie de deux nouveaux fascicules du *Traité du Calcul des probabilités et de ses applications*, dont j'ai entrepris la publication depuis quelques années, avec le concours de plusieurs collaborateurs français et étrangers. Les fascicules qui viennent de paraître sont le fascicule III du Tome III : *Applications de la statistique à la démographie et à la biologie*, par R. Risser, et le fascicule IV du Tome I : *Les Principes de la Statistique mathématique*, par R. Risser et P.-E. Traynard.

Le nombre des fascicules parus se trouve ainsi porté à 11 sur 16 qui avaient été prévus. J'ai l'espoir d'arriver d'ici peu d'années à terminer cet

Ouvrage dans lequel, pour la première fois, se trouveront rassemblés les résultats essentiels obtenus dans l'étude du Calcul des probabilités et de ses applications aux diverses sciences. L'étendue et l'importance de ces applications s'accroît tous les jours; j'espère que notre Ouvrage contribuera à étendre encore le domaine d'une discipline scientifique à laquelle la science française a eu une très large part et à laquelle se rattachent les noms de Pascal, d'Alembert, Buffon, Laplace, Cournot, Joseph Bertrand et Henri Poincaré.

ÉLECTIONS.

M. **Maurice Leriche** est élu Correspondant pour la Section de Minéralogie par 37 suffrages contre 2 à M. *Pierre Pruvost* et 1 à M. *Jacques de Lapparent*, en remplacement de M. *Albert Durand de Grossouvre*, décédé.

CORRESPONDANCE.

Le **Comité organisateur** annonce que le Cinquième *Pacific Science Congress* aura lieu à Vancouver en juin 1933.

M. **James Basset** adresse un Rapport sur les travaux effectués à l'aide de la subvention accordée sur la *Fondation Loutreuil* en 1931.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Marcel Laporte. *Les phénomènes élémentaires de la décharge électrique dans les gaz (gaz rares)*.

Eugène Simon. *Les Arachnides de France*. Œuvre posthume publiée par L. Berland et L. Fage. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur les zéros des matrices stochastiques.* Note de M. **Émile Ostenc**, présentée par M. Émile Borel.

M. Romanovsky a fourni souvent des contributions intéressantes au calcul des probabilités. Il paraît donc utile de rectifier certaines propositions qu'il a publiées récemment [1] et que l'autorité qui s'attache à ses résultats pourrait porter à admettre sans un examen approfondi.

Rappelons que l'étude des événements liés en chaîne simple discontinue de Markoff conduit à rechercher dans quel cas l'équation

$$\Phi(\lambda) \equiv \begin{vmatrix} 1-\lambda\varphi_{11} & -\lambda\varphi_{12} & \ldots & -\lambda\varphi_{1m} \\ -\lambda\varphi_{21} & 1-\lambda\varphi_{22} & \ldots & -\lambda\varphi_{2m} \\ \ldots\ldots & \ldots\ldots\ldots & \ldots & \ldots\ldots\ldots \\ -\lambda\varphi_{m1} & -\lambda\varphi_{m2} & \ldots & 1-\lambda\varphi_{mm} \end{vmatrix} = 0$$

admet l'unité comme racine multiple (cas A), ou bien la racine $\lambda = -1$ (cas B), ou bien des racines de la forme

$$\lambda_l = \cos\frac{2l\pi}{r} + i\sin\frac{2l\pi}{r} \qquad \text{avec } r \geqq 3 \qquad \text{(cas C)},$$

les φ_{gh} satisfaisant aux deux conditions

$$\varphi_{gh} \geqq 0,$$
$$\sum_{h=1}^{m} \varphi_{gh} = 1 \qquad (g = 1, 2, \ldots, m).$$

Dans la Note mentionnée ci-dessus, M. Romanovsky a donné (théorèmes IV, V et VI) des critères relatifs à chacun de ces trois cas. Or il est facile de trouver des exemples simples où ces critères sont en défaut. Ainsi :

Cas A. — Quand le tableau des φ_{gh} est

$$\text{(I)} \qquad \begin{Vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \end{Vmatrix},$$

[1] *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 266-269.

$\Phi(\lambda) \equiv (1-\lambda)^2(1-\lambda/3)$ admet l'unité comme racine double. Or le tableau (I) possède une ligne — la troisième — dont aucun élément n'est nul. Il n'est donc pas de la forme indiquée par M. Romanovsky dans le théorème IV, qui se trouve infirmé.

Cas B. — De même le théorème V est en défaut pour le tableau

$$(\mathrm{II}) \qquad \begin{Vmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \end{Vmatrix},$$

auquel correspond l'équation

$$\Phi(\lambda) \equiv \left(1-\frac{\lambda}{3}\right)(1-\lambda^2),$$

qui admet la racine -1.

Cas C. — Enfin le tableau

$$(\mathrm{III}) \qquad \begin{Vmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} \end{Vmatrix},$$

n'est pas une « matrice cycliquement homéomorphique et de l'indice 3 », car, pour qu'il en fût ainsi, il serait nécessaire que sa diagonale principale ne contînt que des zéros. Et pourtant l'équation correspondante

$$\Phi(\lambda) \equiv \left(1-\frac{\lambda}{4}\right)(1-\lambda^3),$$

admet comme zéros les racines cubiques de l'unité, ce qui infirme le théorème VI.

De plus, M. Romanovsky affirme que « Φ n'a comme zéros de module $= 1$ que $\lambda_0 = 1$ si parmi ses membres φ_{hh} de la diagonale principale, il y en a qui diffèrent de zéro ». Or les exemples (II) et (III) montrent que cette conclusion est erronée.

Il est d'ailleurs facile, en reprenant la méthode indiquée par M. Romanovsky dans la Note précédemment citée et en modifiant convenablement ces critères, de leur donner une forme exacte.

TOPOLOGIE. — *Sur la topologie de certaines variétés algébriques.* Note de M. C. EHRESMANN, présentée par M. Élie Cartan.

La méthode que nous résumons dans cette Note revient surtout à appliquer le lemme suivant :

LEMME. — *Étant donné un complexe* K *et dans* K *un sous-complexe* L, *si* K — L *est homéomorphe à une cellule ouverte, toute chaîne sur* K, *de dimension inférieure à celle de* K, *peut être déformée d'une façon continue en une chaîne sur* L. *Pendant cette déformation, les points situés sur* L *peuvent être maintenus fixes.*

Dans les applications K et L sont des subdivisions de variétés algébriques.

Variété des droites d'un espace projectif complexe. — $[p]$ désigne un espace à p dimensions contenu dans l'espace projectif complexe $[n]$. $[p, q]$, où $0 \leqq p < q \leqq n$ est le symbole de Schubert pour la variété des droites situées dans un $[q]$ et rencontrant un $[p]$, l'espace $[p]$ étant contenu tout entier dans $[q]$. La variété de toutes les droites de $[n]$, de symbole $[n-1, n]$, est une variété à $2n-2$ dimensions complexes représentée par une variété algébrique sans singularités dans un espace projectif à $[n(n+1)]-1$ dimensions. $[p, q]$ est représenté par une variété algébrique à $p+q-1$ dimensions complexes. Supposons donnée dans $[n]$ une suite d'espaces, avec un espace pour chaque dimension :

$$(1)\qquad [0]\subset[1]\subset[2]\subset\ldots\subset[p]\subset\ldots\subset[n-1]\subset[n],$$

et considérons toutes les variétés $[p, q]$ définies pour ces espaces. Il existe (1) une subdivision de $[n-1, n]$ formant un complexe régulier orientable K et telle que les variétés $[p, q]$ soient recouvertes par des sous-complexes de K. A chaque variété $[p, q]$ correspond alors un cycle orienté que nous désignons encore par $[p, q]$.

Si l'on enlève de $[p, q]$ les deux variétés $[p-1, q]$ et $[p, q-1]$, on en fait une cellule ouverte. En effet, une droite de $[p,q]-[p-1,q]-[p,q-1]$ est définie par un point M de $[p]-[p-1]$ et un point M′ de

$$[q-1]'-[q-2]',$$

(1) Voir B. L. VAN DER WAERDEN, *Top. Begründung der Kalküls der abzählender Geometrie* (*Math. Ann.*, 102, 1929, p. 360), et S. LEFSCHETZ, *Topology*, Chap. VIII.

où $[q-1]'$ est un espace à $q-1$ dimensions contenu dans q et contenant $[p-1]$, tandis que $[q-2]'$ est l'intersection de $[q-1]'$ avec $[q-1]$. La variété des droites MM' est le produit des deux cellules ouvertes

$$[p]-[p-1] \quad \text{et} \quad [q-1]'-[q-2]'.$$

C'est donc une cellule ouverte dont la frontière est formée par $[p-1, q]$ et $[p, q-1]$. La frontière se réduit à une seule variété si $p=0$ ou $p=q-1$. Ainsi $[0, q]-[0, q-1]$ et $[q-1, q]-[q-2, q]$ sont des cellules ouvertes.

En appliquant le lemme énoncé, on démontre par récurrence le théorème :

Théorème. — *Sur la variété $[n-1, n]$, tout cycle Γ_r peut être déformé d'une façon continue en une combinaison linéaire de cycles $[p, q]$ de dimension $\leqq r$.*

Les cycles algébriques $[p, q]$ étant de dimension paire, tout cycle Γ_r de dimension impaire sera homologue à o. Tout cycle Γ_r de dimension paire sera homologue à une combinaison linéaire des cycles $[p, q]$ de dimension r. Les cycles $[p, q]$ de dimension r sont linéairement indépendants, car la matrice des nombres d'intersection de ces cycles $[p, q]$ avec les cycles $[n-q, n-p]$, de dimension complémentaire, est égale à la matrice unité. Donc :

Théorème. — *Les cycles $[p, q]$ de dimension r forment une base d'homologie pour la dimension r. Il n'y a pas de coefficients de torsion. Les nombres de Betti pour les dimensions impaires sont nuls.*

Variété des $[k]$ d'un espace projectif complexe $[n]$. — Nous considérons toutes les variétés fondamentales de Schubert (1) de symboles $[a_0, a_1, \ldots, a_k]$, les espaces $[a_i]$ étant pris parmi ceux de la suite (1). On peut généraliser pour ces variétés les raisonnements précédents, et l'on obtient ainsi le théorème :

Théorème. — *Les cycles $[a_0, a_1, \ldots, a_k]$ de dimension r forment une base d'homologie pour la dimension r. Il n'y a pas de coefficients de torsion. Les nombres de Betti pour les dimensions impaires sont nuls.*

Variétés réelles. — Sur la variété des droites réelles ou des $[h]$ réels d'un espace projectif $[n]$, toute chaîne C_r peut encore être déformée en une chaîne contenue dans un certain nombre de variétés fondamentales de dimensions $\leqq r$. Toutes ces variétés fondamentales $[\alpha_0, \alpha_1, \ldots, \alpha_h]$, où les

(1) Voir C. Segré. *Mehrdimensionale Räume* (*Encykl. Math. Wiss.*, III$_2$, 7, p. 794).

éléments considérés sont réels, ne définissent plus des cycles orientés, mais des cycles (mod 2). Les cycles (mod 2) correspondant aux $[\alpha_0, \alpha_1, \ldots, \alpha_h]$ de dimensions r sont encore indépendants (mod 2) et forment une base d'homologie (mod 2).

Pour l'étude des cycles orientés, limitons-nous aux variétés de droites. On peut démontrer que la variété $[p, q]$ est orientable si p et q sont pairs, sinon elle est non orientable. Il y a exception pour $[q-1, q]$ qui est orientable si q est impair et non orientable si q est pair. Ces renseignements suffisent pour déterminer les nombres de Betti et les coefficients de torsion de la variété réelle $[n-1, n]$. On trouve un certain nombre de coefficients de torsion tous égaux à 2, et les seuls nombres de Betti différents de 0 correspondent aux dimensions $4m$ et sont égaux à 1.

La variété des droites réelles $[n-1, n]$ est toujours doublement connexe; sa variété de recouvrement simplement connexe est la variété des droites orientées qui est homéomorphe à la variété des points complexes d'une quadrique à $n-1$ dimensions complexes. La méthode indiquée ici s'applique à l'étude d'une telle quadrique. Elle s'applique encore à d'autres variétés, par exemple à la variété des espaces $[h]$ situés sur une quadrique ou à la variété des éléments linéaires d'un espace projectif.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la relation entre une suite donnée et une autre suite dérivée avec le même intervalle d'oscillation.* Note de **M. C. E. Winn**, présentée par M. Hadamard.

1. Dans une Note précédente [1] j'ai donné les conditions nécessaires et suffisantes pour que les oscillations d'une suite s_n soient identiques à celle de la suite

$$t_n = \sum_{\nu=0}^{n} a_{n\nu} s_\nu,$$

lorsque $a_{n\nu} \geqq 0$. Ces conditions sont :

$$\lim_{n \to \infty} a_{n\nu} = 0 \qquad (\nu \text{ fixe}), \tag{1}$$

$$\lim_{n \to \infty} \sum_{\nu=0}^{n} a_{n\nu} = 1, \tag{2}$$

$$\lim_{\nu \to \infty} a_{n(\nu)\nu} = 1, \tag{3}$$

où $n(\nu)$ est une suite d'entiers avec $n(\nu) \geqq \nu$.

(1) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2114.

Après avoir consulté M. Hurwitz, j'ai trouvé que, pour le cas où $a_{n\nu}$ est *réel*, on a les mêmes conditions, tant nécessaires que suffisantes, si l'on y adjoint

$$\lim_{n=\infty} \sum_{\nu=0}^{n} |a_{n\nu}| = 1. \tag{4}$$

En effet, la nouvelle condition, combinée avec (1) et (2), nous assure (W. A. Hurwitz, *Transactions of the American Mathematical Society*, 1929, p. 612-614) que l'intervalle d'oscillation de t_n est intérieur à celui de s_n.

2. Notons d'abord que la relation (2) *étant donnée d'avance*, (4) est équivalente à

$$\lim_{n \succ \infty} \sum_{\nu=0}^{n} \alpha_{n\nu} = 1, \tag{5}$$

où $\alpha_{n\nu} = 1/\alpha\,(|a_{n\nu} + |a_{n\nu}|)$. Quant à la suffisance des conditions ci-dessus, on peut conclure, comme dans notre Note précédente, qu'en raison de (4),

$$\lim_{\nu \succ \infty} (t_{n_i \nu_i} - s_\nu) = 0,$$

ce qui entraîne $\overline{\lim}\, t_n \geqq \overline{\lim}\, s_n$ et $\underline{\lim}\, t_n \leqq \underline{\lim}\, s_n$.

D'autre part, il est facile de voir que l'intervalle d'oscillation de la suite

$$\sigma_n = \sum_{\nu=0}^{n} \alpha_{n\nu} s_\nu$$

est intérieur à celui de s_n, tandis que la suite

$$\tau_n = \sum_{\nu=0}^{n} \frac{1}{2} (|a_{n\nu}| - a_{n\nu}) s_\nu$$

converge vers zéro. Il s'ensuit donc que l'intervalle d'oscillation de

$$t_n = \sigma_n - \tau_n$$

est intérieur à celui de s_n. La suffisance est ainsi démontrée.

3. La nécessité des deux premières conditions a été traitée auparavant. Lorsqu'elles sont vérifiées, la contradiction de (4) implique celle de (5). Et dans ce cas, il doit exister une quantité positive η et une suite $\{n_i\}$, telle que

$$\sum_{\nu=0}^{n_i} \alpha_{n_i \nu} > 1 + \eta \qquad (i = 1, 2, \ldots). \tag{6}$$

On pourrait supposer d'ailleurs que les n_i sont distribuées de sorte que,

quand $0 \leqq \nu \leqq n_i$,

$$(7) \qquad |a_{n_{i+1}\nu}| < \frac{\eta}{3(n_i+1)}.$$

Considérons alors la suite : $s_\nu = 0$ pour $0 \leqq \nu < n_1$, et $s_\nu = 1$ ou -1, selon que $a'_{n_i\nu} \geqq 0$ ou < 0 pour $n_i < \nu \leqq n_{i+1}$ et $i \geqq 1$. En employant (7) et (6), on a

$$\begin{aligned} t_{n_{i+1}} &= \sum_{\nu=0}^{n_i} a_{n_{i+1}\nu} s_\nu + \sum_{\nu=n_i+1}^{n_{i+1}} a_{n_{i+1}\nu} s_\nu \\ &\geqq -\sum_{\nu=0}^{n_i} |a_{n_{i+1}\nu}| + \sum_{\nu=n_i+1}^{n_{i+1}} \alpha_{n_{i+1}\nu} \\ &\geqq -\frac{1}{3}\eta + \sum_{\nu=0}^{n_{i+1}} \alpha_{n_i\nu} - \sum_{\nu=0}^{n_i} \alpha_{n_i\nu} \\ &\geqq -\frac{1}{3}\eta + 1 + \eta - \frac{1}{3}\eta = 1 + \frac{1}{3}\eta, \end{aligned}$$

d'où $\overline{\lim}\, t_n > 1 = \overline{\lim}\, s_n$.

La nécessité de la condition (3), laquelle est équivalente à

$$\lim_{\nu \to \infty} \alpha_{n(\nu)\nu} = 1,$$

s'établit textuellement comme dans la Note suscitée, en raisonnant sur $\alpha_{n\nu}$ au lieu de a_n, et en notant que les limites de t_n et de σ_n sont identiques.

Il convient de remarquer, pour finir, que les conditions établies sont susceptibles de modification dans le cas où l'on admet pour ν les valeurs de zéro à l'infini au lieu d'aller jusqu'à n seulement. Les sommations dans (2) et (4) doivent être naturellement étendues jusqu'à l'infini, tandis que $n(\nu)$, n'étant plus nécessairement $\geqq \nu$, doit tout de même tendre vers l'infini avec ν.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Remarques sur quelques théorèmes topologiques de la théorie des fonctions.* Note de M. S. **Stoïlow**, présentée par M. Hadamard.

1. Considérons une surface bilatère [1] quelconque (s) (par exemple une surface de Riemann) et sur (s) un domaine (d) fermé. Le *genre* de (d) est le nombre maximum de courbes fermées simples que l'on peut tracer

[1] Pour la définition de cette notion, voir la *Note* de M. J. Hadamard (p. 449) dans le Tome II de l'*Introduction à la théorie des fonctions* de J. Tannery.

sur (d), sans points communs, et telles que leur ensemble ne décompose pas (d) en domaines distincts. Nous supposerons que le genre p de (d) est fini.

Considérons, d'autre part, une transformation intérieure [1] (I), définie sur (s) et représentant (s) sur une sphère [2] (S). J'ai montré (*Annales de l'Institut H. Poincaré*, 2, p. 251) que l'inversion locale d'une telle transformation se fait, topologiquement, comme celle d'une fonction holomorphe d'une variable complexe. Les points de ramification de (I) [analogues des zéros de la dérivée] sont donc isolés dans (d) et possèdent chacun un *ordre* (fini).

Supposons que (I) satisfasse aux conditions suivantes :

1° Il n'y a pas de point de ramification sur la frontière de (d).

2° L'image de cette frontière, sur (S), est formée d'un nombre fini de courbes simples fermées : $(\Gamma_1), (\Gamma_2), \ldots, (\Gamma_h)$, n'ayant entre elles aucun point commun.

Ces courbes déterminent alors, sur (S), $h+1$ régions (domaines ouverts) : $(R_1), (R_2), \ldots, (R_{h+1})$. Dans chaque (R_i) la transformation possède un *degré*, soit n_i; c'est-à-dire qu'à tout point de (R_i) correspondent n_i points dans (d), distincts ou confondus.

Les propriétés des transformations intérieures (Mémoire cité) montrent aussi que les hypothèses faites sur (I) impliquent que la frontière de (d) est formée d'un nombre fini de courbes fermées simples. Le domaine fermé (d) est donc une « surface à bords ». Soit μ le nombre de ces bords (contours). L'*ordre de connexion* de (d) (nombre de Betti) est donc $c = 2p + \mu$. Je dis que :

Si w est le nombre des points de ramification de (I) *intérieures à* (d), *on a*

$$w = c - 2 + \sum_{i=1}^{h+1} n_i(2 - \nu_i), \tag{1}$$

ν_i étant le nombre des courbes (Γ) *qui forment la frontière de* (R_i).

2. Cette relation n'est qu'une extension de la formule de Hurwitz, qui est elle-même une conséquence directe [3] du *théorème d'Euler sur les*

---

[1] Transformations univoques, continues et laissant invariants les ensembles ouverts et les continus (formés de plus d'un point).

[2] On pourrait sans difficulté remplacer ici (S) par une surface bilatère quelconque. Nous considérons une sphère parce que nous avons surtout en vue des théorèmes de la théorie des fonctions.

[3] KERÉKJARTÓ, *Vorlesungen über Topologie*, I, p. 149.

polyèdres. Pour établir (1), on décomposera (d) en domaines partiels (d_{ij}) tels que l'image de chaque (d_{ij}) soit (R_i) et que les frontières de ces domaines et de leurs images se correspondent par (I). Cela est toujours possible. A chaque (d_{ij}) on peut alors appliquer la formule de Hurwitz.

Soient (d_1) et (d_2) deux domaines (d_{ij}) voisins, de genre p_1 et p_2 respectivement. On montre facilement que le genre du domaine $(d_1)+(d_2)$ est alors p_1+p_2+q-1, où q désigne le nombre de contours communs (qui disparaissent dans le domaine somme). On aperçoit, dès lors, la modification qu'il faut faire subir à la formule de Hurwitz pour l'appliquer à $(d_1)+(d_2)$; d'où, de proche en proche, la relation (1).

3. Pour $\mu=0$ [(d) surface close], on obtient la formule bien connue de Riemann relative aux fonctions algébriques, conséquence de celle de Hurwitz ([1]). Mais certains théorèmes de la théorie des fonctions sont des conséquences directes de (1). Ainsi en faisant, dans cette relation, $p=0$ et $h=1$, on obtient une extension topologique du théorème de M. Ålander ([2]) que j'ai donnée dans une Note antérieure ([3]).

On peut tirer d'autres conséquences de (1). Soit $Z=f(z)$ une fonction méromorphe dans (d), domaine fermé sphérique limité par μ courbes de Jordan, et supposons que l'image (D) de (d) soit limitée par ν contours : si les frontières de (d) et de (D) se transforment l'une dans l'autre [par $Z=f(z)$ et son inverse], il ne peut y avoir, à l'intérieur de (D), plus de $\mu-2\nu+2$ points n'ayant chacun, dans (d), qu'un seul correspondant; *à moins ue $f(z)$ ne soit univalente dans* (d) (ce qui exige évidemment $\nu=\mu$).

On voit en particulier que si $\nu=\mu$, la présence *d'une seule* valeur dans (D), prise dans des points tous confondus en un seul, suffit pour conclure à l'univalence de la fonction si l'ordre de connexion est supérieur à 1. Dans le cas de la connexion simple, il suffit de la présence de *deux* de ces valeurs.

On peut remplacer dans l'énoncé ci-dessus « fonction méromorphe » par « transformation intérieure » et l'on obtient ainsi une sorte de réciproque généralisée du théorème de Schœnflies ([4]), du type de la proposition que M. Hadamard a donnée en 1906 au *Bulletin de la Société mathématique de France*.

([1]) *Loc. cit.*
([2]) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1411.
([3]) *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 251.
([4]) Cf. Stoïlow, *Fundamenta Mathematicae*, 3, 1929, p. 187.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration d'une classe d'équations aux dérivées partielles du troisième ordre à une fonction inconnue de n variables indépendantes.* Note de M. **A. Tsortsis**, présentée par M. Élie Cartan.

1. MM. Cartan [1] et Vessiot [2] ont étudié une catégorie générale d'équations aux dérivées partielles du second ordre à plusieurs variables indépendantes. Ces équations se rapprochent de celles, déjà classiques, de M. Goursat. Je me propose d'indiquer les résultats auxquels je suis parvenu, par la méthode des faisceaux de transformations infinitésimales [3], pour une équation du troisième ordre à une fonction inconnue de n variables indépendantes à caractéristiques triples, dans le cas où le sous-faisceau caractéristique peut admettre le nombre maximum d'invariants.

2. Soit une équation de la forme

$$(1)\quad \begin{cases} \Phi = p_{111} + \Phi_1(x, x_1, x_2, \ldots, x_n; p_1, \ldots, p_n; p_{11}, \ldots, p_{nn}; p_{112}, \ldots, p_{nnn}) = 0; \\ p_{i_1 i_2 \ldots i_r} = \dfrac{\partial^r x}{\partial x_{i_1} \partial x_{i_2} \ldots \partial x_{i_r}}. \end{cases}$$

Introduisons le faisceau F de base

$$X_i f = \frac{\partial f}{\partial x_i} + p_i \frac{\partial f}{\partial x} + p_{i\alpha} \frac{\partial f}{\partial p_\alpha} + p_{i[\alpha,\beta]} \frac{\partial f}{\partial p_{[\alpha,\beta]}}; \qquad P_{ikh} f = \frac{\partial f}{\partial p_{ikh}}$$
$$(i, k, h, \alpha, \beta = 1, 2, \ldots, n),$$

$\alpha, \beta, \ldots$ étant des indices de sommation et $[\alpha, \beta, \ldots, \lambda]$ désignant que la sommation est étendue à toutes les combinaisons avec répétition des indices $\alpha, \beta, \ldots, \lambda$. L'intégration de (1) équivaut à celle du sous-faisceau F_0 de F, de degré $N - 1$ $[N = n + n(n+1)(n+2)/1.2.3]$, qui laisse Φ invariant.

3. Les équations non linéaires du troisième ordre à caractéristiques triples proviennent de l'élimination de ξ entre les n équations

$$\begin{cases} \Phi = \Pi + \Omega(\xi_2, \xi_3, \ldots, \xi_n; x, x_1, \ldots, x_n; p_1, \ldots, p_n; p_{11}, p_{12}, \ldots, p_{nn}) = 0, \\ p_{i11} + 2\xi_\alpha p_{i1\alpha} + \xi_\alpha^2 p_{i\alpha\alpha} + 2\xi_\alpha \xi_\beta p_{i[\alpha,\beta]} + \dfrac{1}{3}\dfrac{\partial \Omega}{\partial \xi_i} = 0, \end{cases}$$

avec

$$\Pi = p_{111} + 3\xi_\alpha p_{11\alpha} + 3\xi_\alpha^2 p_{1\alpha\alpha} + 6\xi_\alpha\xi_\beta p_{1[\alpha,\beta]} + \xi_\alpha^3 p_{\alpha\alpha\alpha} + 3\xi_\alpha^2\xi_\beta p_{[\alpha,\alpha,\beta]} + 6\xi_\alpha\xi_\beta\xi_\gamma p_{[\alpha,\beta,\gamma]}$$
$$(i, \alpha, \beta, \gamma = 2, 3, \ldots, n;\ \alpha \neq \beta \neq \gamma).$$

---

(1) *Bulletin Soc. math. de France*, 39, 1911, p. 370.

(2) *Comptes rendus Acad. Athènes*, 5, 1930, p. 424 (séance du 4 décembre 1930).

(3) Vessiot, *Bulletin Soc. math. de France*, 52, 1924, p. 336.

Si l'on introduit comme variables nouvelles $\Phi, \xi_2, \ldots, \xi_n$ à la place de p_{111}, $p_{112}, \ldots, p_{11n}$, le sous-faisceau caractéristique S aura comme base :

$$Kf = \xi_\varepsilon X_\varepsilon f + \frac{\Delta_\alpha^\beta}{\Delta}\left(\xi_\varepsilon X_\varepsilon \frac{\partial\Omega}{\partial\xi_\beta} - 3X_\beta\Omega\right)T_\alpha f; \qquad K_{ghk}f = P_{ghk}f$$

$$(g, \varepsilon = 1, 2, \ldots, n;\ h, k, \alpha, \beta = 2, 3, \ldots, n),$$

où l'on a posé :

$$\xi_1 = 1; \qquad T_h f = \frac{\partial f}{\partial \xi_h}; \qquad A_{hk} = 6\xi_\varepsilon p_{\varepsilon hk} + \frac{\partial^2\Omega}{\partial\xi_h\,\partial\xi_k} \qquad (\varepsilon = 1, 2, \ldots, n);$$

$$\Delta = \| A_{i,2}, A_{i,3} \ldots A_{i,n} \| \qquad (i = 2, 3, \ldots, n);$$

$$\Delta_h^j = (-1)^{j+h-1} \begin{vmatrix} A_{2,2} & \ldots & A_{2,j-1} & A_{2,j+1} & \ldots & A_{2,n} \\ \ldots & \ldots & \ldots\ldots & \ldots\ldots & \ldots & \ldots\ldots \\ A_{h-1,2} & \ldots & A_{h-1,j-1} & A_{h-1,j+1} & \ldots & A_{h-1,n} \\ A_{h-1,2} & \ldots & A_{h+1,j-1} & A_{h+1,j+1} & \ldots & A_{h+1,n} \\ \ldots\ldots & \ldots & \ldots\ldots & \ldots\ldots & \ldots & \ldots\ldots \\ A_{n,2} & \ldots & A_{n,j-1} & A_{n,j+1} & \ldots & A_{n,n} \end{vmatrix}.$$

4. En examinant la structure de S on arrive aux conclusions suivantes :

1° S ne peut jamais être un faisceau involutif;

2° Pour que S puisse admettre le nombre maximum d'invariants, il est nécessaire que Ω soit un invariant commun aux $n(n-1)/2$ transformations

$$R_{ii}f = \frac{\partial f}{\partial p_{ii}} - \xi_i \frac{\partial f}{\partial p_{1i}} + \xi_i^2 \frac{\partial f}{\partial p_{11}}; \qquad R_{ij}f = \frac{\partial f}{\partial p_{ij}} - \xi_j \frac{\partial f}{\partial p_{1i}} - \xi_i \frac{\partial f}{\partial p_{1j}} + 2\xi_i\xi_j \frac{\partial f}{\partial p_{11}}$$

$$(i \neq j = 2, 3, \ldots, n).$$

Le premier dérivé de S sera alors de degré $m + n(n-1)/2$ et le nombre des invariants de S sera au plus $4n - 1$.

3° Les conditions nécessaires et suffisantes pour que S admette effectivement $4n-1$ invariants sont les suivantes : Si l'on remplace Ω par une autre fonction ψ de $4n$ variables $x, x_1, \ldots, x_n; p_1, \ldots, p_n; q_1, \ldots, q_n; \xi_2, \ldots, \xi_n$, où l'on a posé $q_k = \xi_\varepsilon p_{\varepsilon k}$ $(\varepsilon = 1, 2, \ldots, n)$, la condition 2° se trouve identiquement vérifiée. En prenant alors comme variables $q_1, q_2, \ldots, q_n$ à la place de $p_{11}, p_{12}, \ldots, p_{1n}$, la transformation

$$Zf = \xi_\varepsilon\left(\frac{\partial f}{\partial x_\varepsilon} + p_\varepsilon \frac{\partial f}{\partial x}\right) + q_\varepsilon \frac{\partial f}{\partial p_\varepsilon} - \psi \frac{\partial f}{\partial q_1} + \frac{1}{3} Q_\alpha \psi \left(\frac{\partial f}{\partial \xi_\alpha} + q_\alpha \frac{\partial f}{\partial q_1}\right)$$

$$- \frac{1}{3}\Xi_\alpha \psi \left(\frac{\partial f}{\partial q_\alpha} - \xi_\alpha \frac{\partial f}{\partial q_1}\right) \qquad (\varepsilon = 1, 2, \ldots, n;\ \alpha = 2, 3, \ldots, n)$$

doit être une transformation distinguée du faisceau $\overline{F}_0$:

$$Z f;\quad Z_i f = \frac{\partial f}{\partial x_i} + p_i \frac{\partial f}{\partial x} + q_i \frac{\partial f}{\partial p_1} - \frac{1}{3}\Xi_i \psi \frac{\partial f}{\partial q_1};\qquad G_i f = \frac{\partial f}{\partial p_i} - \xi_i \frac{\partial f}{\partial p_1} - \frac{1}{3} Q_i \psi \frac{\partial f}{\partial q_1}$$

$$Q_i f = \frac{\partial f}{\partial q_i} - \xi_i \frac{\partial f}{\partial q_1};\qquad \Xi_i f = \frac{\partial f}{\partial \xi_i} + q_i \frac{\partial f}{\partial q_1}\qquad (i = 2, 3, \ldots, n).$$

En exprimant ceci pour une transformation quelconque de $\overline{F}_0$ nous avon

$$3 Z_i \psi - Z \Xi_i \psi = 3 G_i \psi - Z Q_i \psi = 0 \qquad (i = 2, 3, \ldots, n).$$

Les $4n - 1$ invariants de S sont les $4n - 1$ invariants principaux de Zf.

5. Désignons par $\overline{x}, \overline{x}_2, \ldots, \overline{x}_n; \overline{p}_1, \overline{p}_2, \ldots, \overline{p}_n; \overline{q}_1, \overline{q}_2, \ldots, \overline{q}_n; \overline{\xi}_2, \overline{\xi}_3, \ldots, \overline{\xi}_n$ les invariants de Zf fondamentaux pour $x_1 = x_0$. L'intégrale générale à $n - 1$ dimensions du faisceau $\overline{F}_0$ est

$$\overline{x} = F_1(\overline{x}_2, \ldots, \overline{x}_n);\qquad \overline{p}_1 = F_2(\overline{x}_2, \ldots, \overline{x}_n);\qquad \overline{p}_i = H_i^1(\overline{x}_2, \ldots, \overline{x}_n);$$

$$\overline{q}_1 = F_3(\overline{x}_2, \ldots, \overline{x}_n) + \overline{\xi}_\alpha H_\alpha^2(\overline{x}_2, \ldots, \overline{x}_n);\qquad \overline{q}_i = H_i^2 + \overline{\xi}_\alpha H_{i\alpha}^1;$$

$$H_i^3 + 2\overline{\xi}_\alpha H_{i\alpha}^2 + \overline{\xi}_\alpha^2 H_{i\alpha\alpha}^1 + 2\overline{\xi}_\alpha \overline{\xi}_\beta H_{i\alpha,\beta}^1$$

$$+ \frac{1}{3}\frac{\partial \Omega}{\partial \xi_i}(\overline{\xi}_2, \ldots, \overline{\xi}_n;\ x_0, \overline{x}_2, \ldots, \overline{x}_n;\ F_1, F_2, F_3;$$

$$H_2^1, \ldots, H_n^1;\ H_2^2, \ldots, H_n^2;\ H_{22}^1, H_{23}^1, \ldots, H_{nn}^1) = 0;$$

$$\left[\frac{\partial F_h}{\partial \overline{x}_{i_1} \ldots \partial \overline{x}_{i_r}} = H_{i_1 \ldots i_r}^h(\overline{x}_1, \ldots, \overline{x}_n):\quad i, \alpha, \beta = 2, 3, \ldots, n;\ \alpha \neq \beta\right],$$

F_1, F_2, F_3 désignant trois fonctions arbitraires. Ces formules définissent bien les multiplicités à n dimensions les plus générales, prolongées au troisième ordre, qui satisfont à l'équation (1).

ACOUSTIQUE. — *Sur la propagation des ondes sonores d'amplitude finie.* Note de M. Y. **Rocard**, présentée par M. H. Villat.

Les ondes sonores d'amplitude non infiniment petite obéissent à une équation de propagation non linéaire, et comme conséquence se propagent avec une vitesse dépendant de leur amplitude, et en se déformant d'une façon continue. Les anciens travaux de Riemann, Earnshaw, Rankine, ont fourni quelques résultats importants dans le cas d'ondes planes dans un tuyau cylindrique. Le cas général d'ondes se propageant dans un pavillon dont la section S est fonction de l'abscisse x n'a pas été abordé. D'autre part, le principal problème qui se pose au point de vue physique est de trouver ce que devient en x l'onde émise à l'origine $x = 0$ par un déplace-

ment imposé (mouvement d'un piston). Ce problème est très difficile dans le cas d'un tuyau cylindrique, mais nous avons trouvé que dans le cas d'un pavillon débouchant sur une grande surface, malgré la complexité apparente des équations, on arrivait à des résultats simples, et susceptibles d'applications très suggestives aux haut-parleurs à pavillons de grande puissance que l'on construit maintenant.

Pour trouver l'équation de propagation des ondes sonores d'amplitude finie, on doit effectuer des éliminations entre l'équation de continuité, l'équation adiabatique et l'équation hydrodynamique du mouvement, ces équations étant écrites sans supposer aucun terme petit devant les autres. Dans le cas du mouvement dans un tuyau cylindrique, y étant le déplacement de l'air par rapport à son abscisse x au repos, on arrive ainsi à l'équation

$$c^2\frac{\partial^2 y}{\partial x^2}=\left(1+\frac{\partial y}{\partial x}\right)^{\gamma+1}\left[\frac{\partial^2 y}{\partial t^2}+\frac{\partial y}{\partial t}\,\frac{\partial^2 y}{\partial x\,\partial t}\right], \tag{1}$$

(c, vitesse du son; γ, rapport des chaleurs spécifiques). Le terme $\partial y/\partial t\times\partial^2 y/\partial x\,\partial t$ est souvent omis (Earnshaw, Rankine, Rayleigh) parce qu'on croit pouvoir conserver une approximation dans l'équation hydrodynamique en confondant $\partial/\partial t$ et d/dt. Mais Riemann n'a pu obtenir ses résultats rigoureux sur la propagation d'une perturbation locale qu'en considérant le système complet des équations de départ, qui mène effectivement à (1).

Dans le cas d'un pavillon dont la section S est fonction de x, et de dimensions telles qu'il ne soit pas absurde d'y considérer des ondes planes, en écrivant sans approximations l'équation de continuité pour une tranche entière de pavillon, j'arrive à l'équation de propagation :

$$\frac{\dfrac{\partial^2 y}{\partial x^2}}{\left(1+\dfrac{\partial y}{\partial x}\right)^{\gamma+1}\left(1+\dfrac{1}{S}\dfrac{\partial S}{\partial x}y+\dfrac{1}{S}\dfrac{\partial^2 S}{\partial x^2}\dfrac{y^2}{2}+\ldots\right)^{\gamma}} + \frac{\left(\dfrac{1}{S}\dfrac{\partial S}{\partial x}\right)\dfrac{\partial y}{\partial x}+y\dfrac{\partial}{\partial x}\left(\dfrac{1}{S}\dfrac{\partial S}{\partial x}\right)+\ldots}{\left(1+\dfrac{\partial y}{\partial x}\right)^{\gamma}\left(1+\dfrac{1}{S}\dfrac{\partial S}{\partial x}y+\dfrac{1}{S}\dfrac{\partial^2 S}{\partial x^2}\dfrac{y^2}{2}+\ldots\right)^{\gamma-1}}=\frac{1}{c^2}\left(\frac{\partial^2 y}{\partial t^2}+\frac{\partial y}{\partial t}\,\frac{\partial^2 y}{\partial x\,\partial t}\right). \tag{2}$$

Dans cette équation, pas plus qu'en (1), on n'a introduit de termes d'amortissement (viscosité, etc.) qui s'ajouteraient facilement à $\partial^2 y/\partial t^2$, mais qui sont sans intérêt pour les applications physiques que nous avons en vue. Le cas $S=\text{const.}$ nous ramène au tuyau [équation (1)]; le cas $S=4\pi x^2$ nous donne l'équation générale des ondes sphériques ; le cas où y est infini-

ment petit nous ramène à l'équation classique des pavillons (Rayleigh, Webster).

Pour un pavillon exponentiel, $S = S_0 e^{mx}$, (2) se réduit à

$$(3)\qquad \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} + m\left(1+\frac{\partial y}{\partial x}\right)e^{-my}\frac{\partial y}{\partial x} = \frac{\left(1+\frac{\partial y}{\partial x}\right)^{\gamma+1} e^{\gamma my}}{c^2}\left(\frac{\partial^2 y}{\partial t^2}+\frac{\partial y}{\partial t}\frac{\partial^2 y}{\partial t\,\partial x}\right).$$

L'étude de cette équation permet de répondre à la question suivante : nous attaquons l'embouchure S_0 du pavillon par un piston dont le mouvement est donné, quelle va être l'onde rayonnée dans l'espace à la sortie ($x = l$) du pavillon, quelle proportion d'harmoniques et de battements comportera-t-elle en plus des fréquences fondamentales fournies à l'entrée ?

La méthode d'intégration employée sera exposée dans un périodique technique, nous ne donnerons ici que les conclusions les plus simples et les plus frappantes. Soit $y = a \sin \omega t$ le mouvement imposé à l'air à l'entrée. A la sortie du pavillon, on trouve, superposées, des harmoniques; l'amplitude de l'harmonique p est proportionnelle à a^p. Considérons le rapport R des vitesses de l'air pour l'harmonique 2 et pour le fondamental, à la sortie du pavillon. Ce rapport pour la fréquence n (si celle-ci est suffisamment aiguë) vaut

$$(4)\qquad R = \pi(\gamma+1)\frac{a n^2}{n_0 c},$$

n_0 étant la « fréquence de coupure » du pavillon définie par

$$n_0 = \frac{cm}{4\pi}.$$

Supposons qu'on juge nécessaire pour la qualité acoustique de limiter le rapport numérique R à la valeur R_1 pour la fréquence n (par exemple $R_1 = 1$ pour 3000 périodes par seconde); alors (4) fournit une limitation pour α, qui se traduit par une limitation de la puissance acoustique W fournie par cm² à l'entrée du pavillon à une valeur W_1 telle que

$$W_1 = \frac{R_1^2 \rho c^5 m^2}{8\pi^2(\gamma+1)^2 n^2}.$$

Ainsi, pour un pavillon dont la fréquence de coupure inférieure est à 70 périodes, avec la limitation $R_1 = 1$ pour $n = 3000$, on a

$W_1 = 0,82$ watts acoustiques par cm² à l'embouchure;

ceci correspond à des pressions de 25000 baryes dans l'onde sonore à

l'entrée, pressions facilement réalisées dans les puissants haut-parleurs modernes.

On voit par cet exemple, où l'énergie de l'harmonique 2 égale celle du fondamental dans l'espace libre, que l'introduction des ondes d'amplitude finie et des équations qui les régissent, peut devenir tout à fait nécessaire dans bien des cas.

MAGNÉTISME. — *Sur le paramagnétisme de l'ion de cobalt dissous.* Note de M. R. **Mercier**, présentée par M. A. Cotton.

L'interprétation des résultats des nombreuses mesures du coefficient d'aimantation des ions paramagnétiques dissous a présenté bien des difficultés jusqu'à présent. En effet la valeur des moments atomiques, obtenus aussi bien par l'application de la méthode thermomagnétique de Weiss que par le moyen des diverses formules de la mécanique quantique, ne coïncidait que rarement avec la valeur du moment tirée des données que fournissait la spectroscopie des ions de même nature. La famille du fer est la plus caractéristique à ce point de vue.

L'origine de cette discordance doit être attribuée aux perturbations de natures multiples que provoquent dans l'ion dissous les molécules voisines du solvant. Théoriquement, Van Vleck assimilant à un champ électrique inhomogène les forces perturbatrices auxquelles l'ion magnétique est soumis dans un cristal, en a étudié l'effet sur celui-ci. S'appuyant sur le calcul matriciel, il a confirmé les prévisions de Stoner et établi que dans certains cas de symétrie inférieure du potentiel électrique fictif, le moment magnétique relatif au nombre quantique azimutal l (le moment dû à la trajectoire d'après Bohr) pouvait être partiellement ou totalement annulé. Dans ce dernier cas, seul le degré de liberté interne s de l'électron contribue encore au magnétisme de l'ion, et la valeur du moment devient alors

$$\bar{\mu} = 4,97 \times 2 \times \sqrt{s(s+1)},$$

c'est-à-dire égale à celle d'un ion dans l'état s.

Par extension de la théorie de Van Vleck au paramagnétisme des ions dissous on peut prévoir à basse température un effet analogue dépendant de la nature du solvant. A haute température un effet de moyenne s'établit, conférant au potentiel électrique perturbateur la symétrie sphérique ; l'ion doit être alors considéré comme libre. Son magnétisme tend, dans ce cas,

vers l'une des deux valeurs données par les théories de Pauli et Van Vleck :

$$\bar{\mu} = 4,97 \times g \times \sqrt{j(j+1)},$$
$$\bar{\mu} = 4,97 \times \sqrt{4s(s+1) + l(l+1)},$$

selon que la distance des niveaux du multiplet fondamental est grande ou petite en regard de kT.

A basse température, l'effet de moyenne peut disparaître peu à peu et pour certains solvants la perturbation peut amener l'inefficacité totale du nombre quantique azimutal l. Il est à remarquer que la théorie de Van Vleck appliquée de cette façon fait prévoir une variation du moment magnétique d'un même ion dissous avec la nature du solvant, fait observé depuis longtemps.

Nous avons mesuré en fonction de la température le coefficient d'aimantation de l'ion de cobalt ($CoCl^2$, $6H^2O$) en solution très diluée dans l'alcool méthylique pur. Pour éviter tout effet d'association moléculaire ou d'interaction entre les ions de cobalt, les dilutions étudiées s'étendaient entre 20/1000e et 1/1000e normal. Les susceptibilités ont été obtenues par la méthode magnétomécanique : une balance de torsion très sensible mesurait le couple auquel est soumis, dans un champ inhomogène, un récipient de quartz rempli de la solution et baignant dans le solvant. On obtient de cette façon directement la variation de susceptibilité due au corps dissous. Les mesures ont été effectuées entre 293°K. et 177°K. (1° au-dessus du point de congélation du méthanol).

La dépendance entre la variation de susceptibilité de la solution et le titre est parfaitement linéaire, ce qui exclut tout effet d'association moléculaire. Dans ces conditions, le moment magnétique de l'ion cobalt, calculé par la loi de Langevin (point de Curie = 0°K.) varie entre 23,9 magnétons de Weiss (293°K.) et 18,1 magnétons (177°K.) ainsi qu'on peut le voir dans le tableau ci-dessous :

Température. °K.	Moment magnétique (en magnétons de Weiss).
273	23,9
259	22,3
228	21,3
210	20,6
193	19,1
177	18,1

L'état fondamental de l'ion Co^{++} étant fort probablement caractérisé par $^4F_{9/2}$ (quadruplet inversé avec $l = 3$, $s = 3/2$), les limites théoriques du moment magnétique sont 33,2 magnétons à haute température et 19,3 pour un champ électrique perturbateur asymétrique. Nos mesures à basse température sont affectées d'une erreur qui peut atteindre 1 magnéton (pour 177°K); on peut donc dire que les valeurs mesurées du moment restent dans les limites établies par la théorie de Van Vleck-Stoner.

SPECTROSCOPIE. — *Sur l'excitation monochromatique de la fluorescence de* I_2. Note de M. **I. I. Agarbiceanu**, présentée par M. A. Cotton.

Un spectrographe à échelons nous a permis de suivre le mécanisme de l'excitation [1] de la fluorescence de I_2 pour les raies 5461, 5769 et 5790 d'un arc à mercure en quartz et d'un arc à mercure Cooper-Hewitt en verre. L'échelon utilisé, construit par Hilger, comprend 19 marches; il ne donne pas de spectres parasites. Le domaine de dispersion mesuré pour la raie 5491 est de $0^{Å},307$; pour les raies 5769 et 5790, il est $0^{Å},353$ et $0^{Å},359$; en cm^{-1} on a respectivement 1,033 cm^{-1}, 1,074 cm^{-1} et 1,085 cm^{-1}. Les observations et les clichés ont été faits dans la position d'ordre simple. L'arc en quartz utilisé était du modèle Cotton, régime normal 2,5 ampères. L'arc Cooper-Hewitt était du modèle en verre H.10 (courant continu, 3,4 ampères maximum).

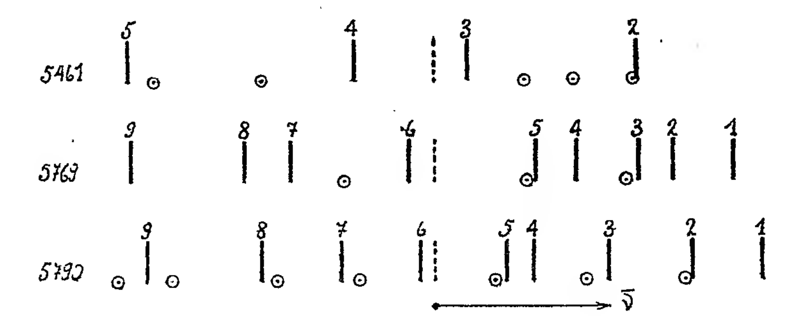
Raies d'absorption excitées par la raie 5461. — Sur le fond continu de cette raie émise par la lampe en quartz sur $\approx 0,96\,cm^{-1}$, on reconnaît avec l'échelon les raies d'absorption numérotées par Wood 2, 3, 4 et 5. Elles se présentent dans l'ordre donné par la figure [2]. Les différences (2)—(3); (3)—(4); (4)—(5) sont respectivement : 0,273 cm^{-1}; 0,180 cm^{-1} et 0,361 cm^{-1}. On constate aussi ces raies d'absorption lorsque la source est la lampe Cooper-Hewitt, comme on peut s'en assurer avec l'échelon en examinant la raie 5461 à travers un ballon vidé renfermant de la vapeur d'iode.

---

(1) Nous rappelons que l'expérience et la théorie des spectres moléculaires font correspondre, dans le cas de I_2, à chaque raie d'absorption, une série de doublets dans le spectre de fluorescence excité par une raie, dont la fréquence est telle qu'elle se superpose, au moins partiellement, à la raie d'absorption.

(2) Les traits en pointillé sur la figure représentent le centre des composantes principales des raies émises par la lampe Cooper-Hewitt. Les centres des petits cercles indiquent les positions des satellites de ces raies.

Les raies 3 et 4 absorbent dissymétriquement les bords de la composante principale tandis que deux autres composantes sont absorbées par les raies 2 et 5. D'après Loomis ([1]), ces quatre raies d'absorption appartiennent à des bandes avec $v''=0$. Or, nous avons trouvé 4 termes antistokes ([2]) dans le spectre de fluorescence excité par 5461 de l'arc Cooper-Hewitt. On a le choix entre deux hypothèses pour mettre d'accord ce fait avec les valeurs



de v'' : 1° augmenter de quatre unités la valeur de v'' admise actuellement; 2° admettre la présence d'une bande avec $v''=4$ dans le domaine spectral considéré. Une telle bande n'a encore jamais été observée, et la plus proche ($v''=16$, $v''=4$) se trouve à 6036 Å. Si l'on admettait néanmoins, qu'une telle bande existe mais qu'il est impossible de la mettre en évidence par absorption, elle serait déterminée par $\nu_k(v'=39; v''=4)=18345{,}9\,\text{cm}^{-1}$.

Raies d'absorption excitées par la raie 5769. — Sur le fond continu de cette raie émise par l'arc en quartz se projettent 9 lignes d'absorption de I_2. Ces raies que nous numéroterons de 1 à 9 se présentent dans l'ordre donné par la figure. Les intervalles (1)—(2); (2)—(3), etc., sont respectivement 0,097 cm⁻¹; 0,055 cm⁻¹; 0,103 cm⁻¹; 0,064 cm⁻¹; 0,201 cm⁻¹; 0,190 cm⁻¹; 0,073 cm⁻¹; 0,184 cm⁻¹. De même que dans le cas de la raie 5461, l'excitation Cooper-Hewitt n'est pas non plus monochromatique dans ce cas. La composante principale est plus fine ($\approx 0{,}08\,\text{cm}^{-1}$) que la composante principale de la raie verte ($\approx 0{,}165\,\text{cm}^{-1}$). La raie 6 absorbe le bord de cette composante, tandis que deux autres composantes excitent les raies 5 et 3. D'après un travail de Warfield ([3]), Turner ([4]) attribue à

([1]) F.-W. Loomis, *Phys. Rev.*, 29, 1927, p. 112.
([2]) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 123.
([3]) C.-N. Warfield, *Phys. Rev.*, 31, 1928, p. 39.
([4]) L.-A. Turner, *Zeits. f. Phys.*, 65, 1930, p. 480.

une raie d'absorption qui coïnciderait avec le milieu de la raie 5769, les nombres quantiques $v' = 16$, $v'' = 0$, R(93,5). Cette raie serait la raie 6. En résumé, il résulte de nos observations que l'arc en quartz excite 9 séries de doublets de fluorescence et la lampe Cooper-Hewitt au moins 3 séries de fluorescence. Avec des poses prolongées, nous avons obtenu avec cette excitation 6 termes antistokes. Ce fait conduit, en augmentant les v'' de 4 unités, à attribuer une des raies 3 et 5, qui sont intenses à la bande ($v' = 20$; $v'' = 2$).

Raies d'absorption excitées par la raie 5790. — Sur le fond continu de cette raie émise par l'arc en quartz se trouvent 3 raies d'absorption de I_2 dans l'ordre donné par la figure. Les intervalles entre (1) — (2); (2) — (3); etc. sont respectivement : 0,112 cm^{-1}; 0,132 cm^{-1}; 0,120 cm^{-1}; 0,044 cm^{-1}; 0,139 cm^{-1}; 0,124 cm^{-1}; 0,128 cm^{-1}; 0,184 cm^{-1}. Des considérations analogues à celles qu'on a introduites dans le cas précédent indiquent qu'un arc Cooper-Hewitt excite, avec des intensités différentes, la majorité des raies d'absorption excitées par un arc en quartz et donc autant de séries de doublets de fluorescence. Les 6 termes antistokes mis en évidence avec des longues poses nous conduisent à attribuer à la bande $v' = 19$; $v'' = 2$ une des raies 2 et 8 qui sont plus intenses que les autres.

Pour avoir des raies d'absorption fines, il est important que le ballon à iode soit bien vidé. Des traces de gaz étrangers (O_2, N_2, H_2) élargissent les raies d'absorption et, pour une pression suffisamment grande, les font disparaître en les remplaçant par un fond continu d'absorption. En particulier, un ballon à iode non vidé ne présente aucune raie d'absorption sur le fond continu des raies 5461, 5769 et 5790. Pourtant l'aspect général du spectre d'absorption avec une résolution plus faible (réseau) ne change pas. Ce qui prouve que l'élément perturbateur introduit est de l'ordre de grandeur de l'énergie de rotation de la molécule.

FLUORESCENCE. — *Sur la fluorescence à raies de la vapeur de cadmium.* Note (1) de Mlle E. **Kalinowska**, transmise par M. M. de Broglie.

Les travaux de Kapuściński (2) et Jabłoński (3) ont montré que lorsque l'on irradie la vapeur de Cd par la lumière dans le domaine 1900 Å — 2100 Å,

(1) Séance du 3 janvier 1933.

(2) *C. R. Soc. Pol. de Phys.*, fasc. 8, 1927, p. 44.

(3) *C. R. Soc. Pol. de Phys.*, 3, 1927, p. 175.

caractérisant l'absorption moléculaire de ce métal, on constate dans la fluorescence les raies atomiques du Cd (4678 Å, 4800 Å, 5086 Å, $2^3S - 2^3P$). Comment l'énergie absorbée par les molécules est-elle transmise aux atomes ? L'émission des raies demande la présence des atomes à l'état initial 2^3S, ce qui correspond à 6,34 volts ou à 1900 Å. On peut se demander si une excitation aussi élevée se fait en un acte d'absorption des photons ou en deux actes d'absorption consécutifs. Pour élucider ce point, j'ai cherché les variations que subit l'intensité des raies de fluorescence (du triplet visible de Cd) en faisant varier l'intensité de la lumière excitatrice. En effet, si l'excitation est due à un seul acte d'absorption, l'intensité de la lumière excitée doit être une fonction linéaire de l'intensité incidente. Dans le cas de deux actes d'absorption, cette intensité varie comme le carré de celle de la lumière incidente. La méthode expérimentale consistait à exciter la vapeur saturée de Cd contenue dans un vase cylindrique en silice. Ce vase était enfermé dans un four électrique et la vapeur a été irradiée par la lumière d'une étincelle d'Al, et par celle du Cd. On faisait varier l'intensité du faisceau incident en interposant des grilles à mailles plus ou moins grandes. Le spectre de la lumière de fluorescence a été photographié à l'aide d'un spectrographe à dispersion moyenne. Chaque plaque portait un enregistrement d'intensité obtenu en photographiant la lumière d'une lampe étalon à travers un affaiblisseur de Zeiss formé de couches de platine de diverses épaisseurs déposées sur une lame de quartz.

Les mesures microphotométriques des raies ainsi que des échantillons d'intensité permettaient de déterminer les intensités relatives des raies atomiques étudiées du cadmium et leur variation suivant les conditions.

Le tableau qui suit présente les résultats obtenus. Les nombres du tableau donnent le rapport de l'intensité (I_1) des raies du triplet correspondant au rayonnement excitant non affaibli à l'intensité (I_2) qui correspond au rayonnement excitant affaibli à l'aide de la grille.

Température.	Pression.	Excitation par étincelle Al.			Excitation par étincelle Cd.			Coefficient de la grille.
°	mm							
600	68,2	–	4,9	–	–	–	–	3,6
650	–	5,0	5,3	–	7,0	6,8	–	–
700	345	5,2	5,2	4,9	–	–	–	–
720	–	4,9	4,7	–	6,2	5,9	5,8	–
750	–	4,2	4,3	4,0	4,6	4,8	–	–
800	1000	4,0	4,2	3,9	4,8	4,6	4,7	–
850	–	3,5	3,6	–	–	3,9	–	–
900	2205	3,8	3,7	–	–	–	–	–

Les nombres ci-dessus montrent que la variation de l'intensité de chaque raie est très éloignée de la relation quadratique; elle est proche de la simple proportionnalité. Cette constatation démontre que dans sa majeure partie l'excitation des atomes jusqu'à l'état 2^3S est la conséquence d'un seul acte d'absorption. Toutefois on remarque que les valeurs de coefficients I_1/I_2 montrent une variation avec la pression de vapeur; le coefficient augmente à mesure que la température diminue. Il faut donc supposer que le mode d'excitation par simple absorption n'est pas unique et qu'aux pressions plus basses un autre phénomène de production des atomes à l'état 2^3S existe également.

L'explication la plus simple de la luminescence atomique en question serait celle d'admettre l'existence des molécules à forces de liaison relativement faibles. Ces molécules excitées par suite de l'absorption de la lumière de 2000 Å-2100 Å céderaient leur énergie d'excitation à des atomes libres avec un certain excès, provenant de leur énergie cinétique. Ce dernier point rendrait compte du fait de l'accroissement de l'intensité du triplet visible de cadmium avec la température. On pourrait peut-être supposer que l'atome à l'état 2^3S résulte de la dissociation par choc de la molécule excitée, cependant ce mode de formation des atomes excités demanderait qu'au moment du choc la molécule reçoive un surplus d'énergie nécessaire à la dissociation.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la diffusion des neutrons. Chocs non élastiques sur les noyaux*. Note de M. **Pierre Auger**, présentée par M. Jean Perrin.

1. Dans une précédente Note [1] j'ai signalé que l'action du rayonnement du glucinium bombardé par rayons α, sur l'hydrogène contenu dans une chambre à détentes de C. T. R. Wilson, donnait lieu à l'apparition de deux sortes de trajectoires. Les unes, qui traversent tout l'appareil et qui présentent les barbelures caractéristiques des rayons β de collision, sont dues à des protons rapides, projetés par choc avec des neutrons de grande énergie cinétique (plusieurs millions de volts-électrons). Les autres sont courtes, et souvent contenues en entier dans l'appareil, elles ne présentent pas de rayons β de collision et sont dues à des protons de quelques centaines

[1] *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 234.

à quelques dizaines de kilovolts-électrons : on peut supposer que ce sont des neutrons lents qui leur donnent naissance. J'avais tout d'abord attribué la production de ces neutrons lents à la source de glucinium bombardé elle-même; certaines observations ayant cependant montré le rôle important de la diffusion des neutrons dans la matière, j'ai recherché systématiquement l'influence de diffuseurs variés sur l'aspect des trajectoires protoniques dans la chambre à détentes.

2. Une série d'observations, comportant chaque fois la prise de 200 à 600 clichés, a été faite dans les mêmes conditions de détente, la source de glucinium bombardé par rayons α étant placée à 6^{cm} du centre de la chambre. Cette source ([1]) était tantôt isolée, tantôt adossée (du côté opposé à la chambre) à un diffuseur massif de 1^{dm^3} environ. D'autre part, un écran de paraffine de 5 à 10^{cm} d'épaisseur, pouvait être disposé autour de cet ensemble pour l'isoler de l'effet des objets environnants.

1° Avec la source nue et sans écran de paraffine, les clichés montrent, comme dans les anciennes expériences, une forte proportion de rayons courts (30 pour 100 du total);

2° Avec la source nue et l'écran de paraffine, le nombre de trajectoires courtes est fortement réduit, les trajectoires longues n'étant que peu raréfiées;

3° En laissant l'écran en place et en disposant un diffuseur de cuivre derrière la source, on fait reparaître les trajectoires courtes en nombre à peu près égal à celui de la série sans écran.

Des diffuseurs de fer, d'aluminium, de plomb produisent des effets analogues. Dans le tableau qui résume les résultats, les nombres de trajectoires sont rapportés à 200 clichés dans chaque cas :

	Source nue		Diffuseur			
	sans écran.	avec écran.	cuivre.	aluminium.	fer.	plomb.
Trajectoires longues........	13	8	10	10	16	23
Trajectoires courtes.........	6	2	6	7	5	9

3. On peut interpréter ces résultats de la manière suivante : les trajectoires courtes proviennent de neutrons lents résultant de la diffusion des neutrons rapides dans la matière, diffusion qui s'accompagne de la perte de la plus grande partie (90 pour 100) de leur énergie cinétique. Les chocs entre neutrons et noyaux seraient donc fréquemment des chocs non élas-

([1]) Prêtée par M. et Mme Joliot-Curie.

tiques laissant le noyau dans un état excité (1). De cet état, le retour à la normale pourrait se faire par émission de rayons γ, ou bien il pourrait conduire à une désintégration avec émission de rayons corpusculaires analogue à celles observées par Feather dans les gaz. L'émission de rayons γ très pénétrants par les noyaux qui diffusent des neutrons explique bien l'observation déjà faite par M. et Mme Joliot-Curie et par moi-même dans la chambre à détentes, de rayons β de grande énergie dirigés en tous sens, et même en sens inverse de la direction des neutrons et des rayons γ provenant de la source : ces rayons β résulteraient de l'effet des rayons γ de fluorescence nucléaire excités dans la matière environnante (parois des appareils, supports) par le choc des neutrons rapides.

4. Au point de vue de la valeur énergétique des niveaux d'excitation nucléaire, on peut faire deux suppositions :

a. Il y a un niveau important peu inférieur à l'énergie cinétique moyenne des neutrons directs; ceux-ci sont amortis après un choc, et c'est le restant de leur énergie, très variable, puisque les neutrons sont loin d'être monocinétiques, qui leur permet de produire les trajectoires protoniques courtes.

b. Il y a tout un spectre de niveaux nucléaires, et les neutrons subiront un ou plusieurs chocs les amenant à un état de ralentissement suffisant pour que, incapables d'exciter, ils ne subissent plus que des chocs élastiques. Ces neutrons amortis doivent pouvoir effectuer de grands parcours dans des matières à poids atomique élevé. De plus les expériences faites avec un diffuseur de plomb montrent un effet de renforcement des trajectoires longues qui indiquerait une réflexion élastique des neutrons rapides sur ces noyaux lourds.

PHOTOCHIMIE. — *Influence des iodures alcalins sur l'aptitude des émulsions photographiques à la solarisation.* Note (2) de M. **André Charriou**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Les récents travaux de H. Arens sur la solarisation (*Zeitz. wiss. Phot.*, 28, n° 3/4, juillet 1930, p. 97-110), ont mis en évidence les phénomènes suivants :

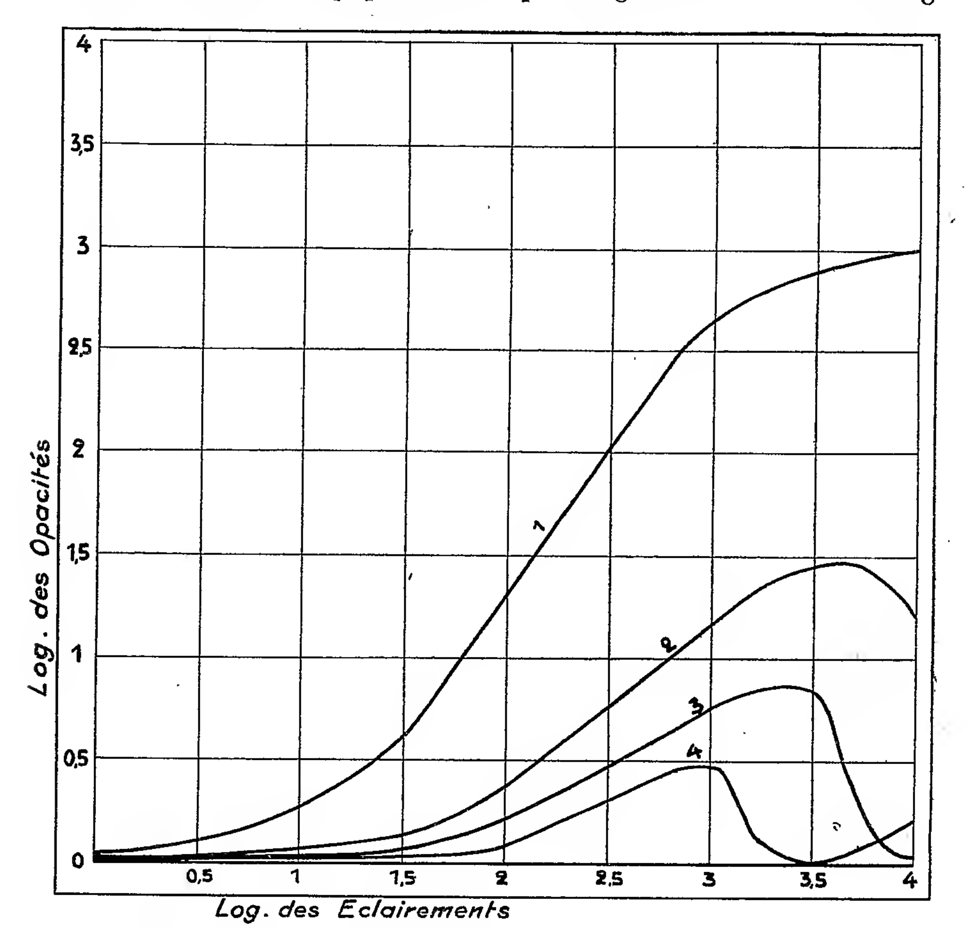
(1) Les chocs élastiques contre des noyaux relativement lourds ne peuvent faire perdre au neutron qu'une faible proportion de son énergie cinétique, et il faudrait un très grand nombre de chocs pour déterminer le ralentissement observé.

(2) Séance du 9 janvier 1933.

1° La présence des bromures alcalins dans une émulsion photographique rend cette dernière plus apte à la solarisation.

2° La présence d'acceptateurs d'halogènes tend, au contraire, à retarder la solarisation.

3° L'examen microscopique montre que les grains de bromure d'argent



bromuré sont notablement plus gros que ceux de bromure d'argent non bromuré.

Les grains de bromure d'argent bromuré étant eux-mêmes moins gros que les grains de bromure d'argent ioduré, j'ai pensé que l'action des iodures alcalins devait donc être beaucoup plus énergique que celle des bromures vis-à-vis de la solarisation. Aussi ai-je entrepris l'étude de l'influence de ces sels sur une émulsion photographique de sensibilité 500° H. et D., et de propriétés comparables aux émulsions très sensibles du commerce.

Les résultats de ces expériences sont donnés dans la figure ci-dessus, la courbe 1 correspondant à l'émulsion normale, et les courbes 2, 3 et 4 à la même émulsion additionnée d'iodure de potassium, dans la proportion respective de $0^g,5$, 1^g et 2^g pour une masse d'émulsion préparée avec 100^g de nitrate d'agent.

Tandis que croît la teneur en iodure de potassium, on observe une chute de la sensibilité et de la densité des images ainsi qu'un accroissement considérable de l'aptitude à la solarisation.

Alors que l'émulsion 1 permet d'obtenir des images solarisées pour un éclairement environ 10000 fois supérieur à l'éclairement minimum donnant un noircissement, l'émulsion 2 présente la solarisation pour un éclairement 100 fois plus grand et l'émulsion 4 pour un éclairement seulement 10 fois plus grand, avec la deuxième solarisation pour un éclairement 100 fois plus grand.

J'ai déterminé, au contraire, que les chlorures alcalins, même pour des doses 10 fois supérieures à celles des iodures, n'ont aucune action sur la *solarisation*; ils n'influencent pas non plus les dimensions des grains de bromure d'argent.

Mes expériences démontrent donc d'une part l'influence tout à fait remarquable des iodures alcalins vis-à-vis de la solarisation, d'autre part l'existence d'une liaison entre la grosseur des grains de bromure d'argent et leur sensibilité à la solarisation.

Les émulsions ainsi obtenues sont *infiniment* plus sensibles à la solarisation que toutes celles qui ont été jusqu'ici expérimentées dans ce but (mille fois plus environ). Elles sont capables de donner des images complètement solarisées pour des temps de pose instantanés. Ce genre de préparation peut ouvrir la voie à des applications pratiques tout à fait curieuses, le seul inconvénient est la densité très faible des images.

CHIMIE PHYSIQUE. — *L'influence de l'oxygène sur les propriétés du cuivre.* Note de MM. **W. Broniewski** et **S. Jaslan**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Le cuivre du commerce est toujours plus ou moins souillé par l'oxygène introduit pendant la fusion. A l'état liquide, le cuivre dissout jusqu'à 1,6 pour 100 d'oxygène. Lors de la solidification, cet oxygène se sépare sous forme d'oxyde de cuivre, en formant un véritable alliage.

Les premières recherches au sujet de cet alliage furent entreprises par Heyn (1900) qui indique un eutectique Cu-Cu^2O pour 3,5 pour 100 d'oxydule à 1065°, soit à 19° au-dessous de la températute de fusion du cuivre. M. Dejean (1906) place cet eutectique à 4,5 pour 100 de Cu^2O. Enfin MM. Vogel et Pocher (1929) poussent l'étude du diagramme de solidification jusqu'à 18 pour 100 d'oxygène et admettent une dissociation de l'oxydule, au-dessous de 400° en cuivre et CuO.

L'influence de l'oxygène sur les propriétés du cuivre n'a pas été nettement établie. Dans l'industrie, on craint ordinairement la souillure par l'oxygène que l'on accuse d'abaisser la ductilité du cuivre et d'en rendre plus difficile le laminage. Par contre, MM. Hanson, Marryat et Ford (1923) admettent que jusqu'à la teneur de 1 pour 100 environ de Cu^2O, ni la conductivité électrique du cuivre, ni ses propriétés mécaniques ne sont sensiblement influencées. Ils expliquent ce résultat par l'insolubilité de l'oxydule dans le cuivre. Cette interprétation se trouverait d'accord avec l'étude de Heyn, mais en contradiction avec celle de MM. Vogel et Pocher qui indiquent une solution solide limitée à 0,8 pour 100 de Cu^2O.

Afin de résoudre, autant que possible, cette double controverse, nous avons cru utile de reprendre le sujet. Comme matière première, nous avons employé du cuivre déposé électrolytiquement au laboratoire et fondu dans le vide au moyen d'un four à haute fréquence. Pour les alliages, l'oxygène était introduit à la fusion sous forme de CuO. Les échantillons étaient coulés en coquilles de 18^{mm} de diamètre, laminés en baguettes de 6^{mm}, tournés en éprouvettes de 5^{mm} de diamètre, et recuits à 450° pendant 1 heure. Jusqu'à 3 pour 100 de Cu^2O, le laminage se faisait à froid, pour les teneurs supérieures à chaud.

Les mesures étaient faites de la façon mentionnée dans les études antérieures [1] et leurs résultats sont reproduits sur les diagrammes ci-après.

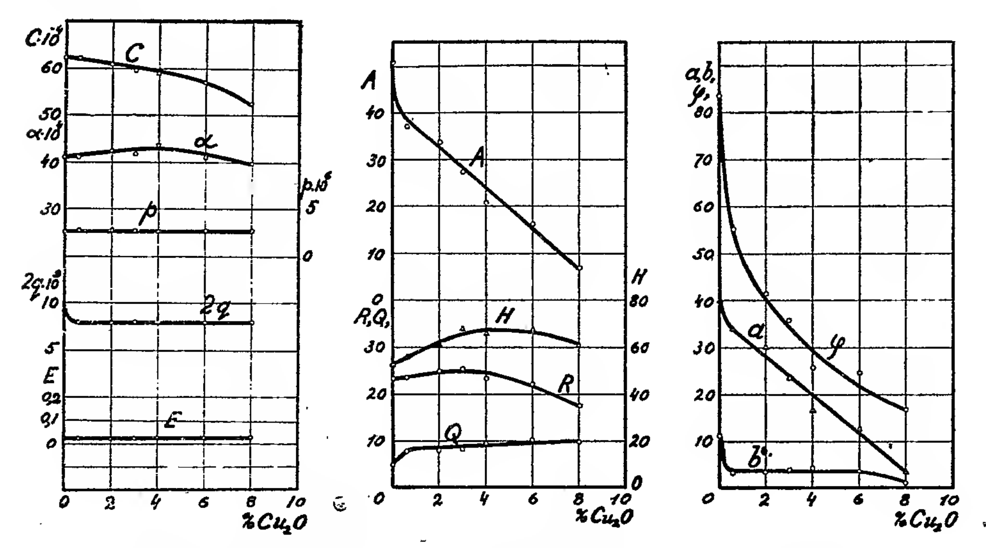
Ces diagrammes nous montrent que le pouvoir thermo-électrique (p) et la force électromotrice de dissolution (E) du cuivre ne paraissent pas être influencés par son oxydation. Par contre, la variation du pouvoir thermo-électrique ($2q$) manifeste un point singulier au-dessous de 0,8 pour 100 de Cu^2O. La conductivité électrique (C) est faiblement réduite par l'oxydation, alors que la variation de la résistance électrique (a) augmente légèrement pour passer par un maximum plat. Cet effet pourrait être expliqué en

---

(1) *Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 651; **190**, 1930, p. 1412; **194**, 1932, p. 973 et 2047.

admettant une augmentation de la solubilité de l'oxygène dans le cuivre avec la température, ce qui contribuerait à élever davantage sa résistance électrique.

La dureté (H) s'élève de 30 pour 100 jusqu'à la teneur eutectique de



Propriétés des alliages cuivre-Cu^2O en fonction de la composition en poids.

C, conductibilité électrique à 0° en ohms/cm³; α, coefficient de température de la résistance électrique entre 0° et 100°; *p*, pouvoir thermoélectrique à 0° en volts par rapport au plomb; 2*q*, variation du pouvoir thermoélectrique entre — 78° et + 100°; E, valeurs maxima de la force électromotrice de dissolution en volts dans une solution 0,1 normale de sulfate de cuivre par rapport à une électrode normale au mercure; A, allongement total à la rupture en pour 100 pour l'éprouvette internationale L = 10*d*; H, dureté Brinell; R, résistance à la traction en kg/mm; *a*, allongement uniforme à la rupture en pour 100; *b*, allongement dû à la striction = A — *a*.

Cu^2O et diminue lentement ensuite. La courbe de résistance à la traction (R) affecte la même allure, mais sa hausse est plus faible et sa descente plus accentuée. La limite élastique (Q) montre un changement d'allure au voisinage de 0,8 pour 100 de Cu^2O, limite présumée de la solution solide.

Les propriétés le plus fortement influencées par l'oxydation sont la striction (φ) et l'allongement total à la rupture (A). On remarque sur ces courbes une descente plus rapide pour le premier pour 100 de Cu^2O que pour les suivants. La comparaison de l'allongement uniforme (*a*) et de l'allongement dû à la striction (*b*) montre que le changement d'allure est surtout localisé dans cette dernière propriété et peut encore correspondre à la limite de la solution solide.

L'ensemble de ces faits nous permet de conclure à la présence d'une

solution solide limite voisine de 0,8 pour 100 de Cu^2O, particulièrement manifestée par les courbes de la variation du pouvoir thermo-électrique ($2q$), la limite élastique (Q), la striction (φ) et l'allongement dû à la striction (b).

L'influence de l'oxygène, même dans les limites, ne dépassant pas 1 pour 100 de Cu^2O, n'est pas négligeable pour la dureté (H) et la limite élastique (Q) qu'elle augmente, ainsi que pour l'allongement (A) et la striction (φ) qu'elle diminue sensiblement.

L'opinion imputant à l'oxydation du cuivre une diminution de sa ductilité apparaît donc justifiée par ces essais.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude cryoscopique du paraldéhyde, de l'éther et de l'acétone dans les solutions d'acétate de sodium.* Note de M[lle] **O. Hun**, présentée par M. G. Urbain.

En vue de compléter les recherches faites par M. F. Bourion et ses collaborateurs ([1]) sur le comportement du paraldéhyde, de l'éther et de l'acétone dans les solutions salines aqueuses, j'ai étudié ces mêmes corps dans les solutions d'acétate de sodium.

Le milieu cryoscopique est constitué par des liqueurs de concentrations 0,56M, 1M et 1,225M en acétate. La teneur en corps organique du mélange ternaire croît de 0,125M en 0,125M jusqu'à saturation pour le paraldéhyde et l'éther et jusqu'à 1,250M pour l'acétone, qui est très soluble.

On a obtenu :

	Paraldéhyde.			Acétone.			Éther.		
Conc.	Poids pour 100g eau.	Abaissement.	k.	Poids pour 100g eau.	Abaissement.	k.	Poids pour 100g eau.	Abaissement.	k.
			Pour les solutions 0,1 M.						
0,125...	1,711	0,319	24,16	–	–	–	–	–	–
0,250...	3,476	0,635	24,10	1,506	0,552	21,27	1,931	0,591	22,83
0,375...	5,298	0,963	24,00	2,277	0,836	21,30	2,931	0,910	23,01
0,500...	7,179	1,301	23,93	3,062	1,136	21,52	3,953	1,226	22,98
0,620...	9,123	1,648	23,84	3,860	1,419	21,32	4,998	1,544	22,89
0,700...	10,319	1,853	23,70	–	–	–	–	–	–
0,750...	–	–	–	4,672	1,725	21,41	6,069	1,889	23,07
0,875...	–	–	–	5,499	2,031	21,42	7,165	2,226	23,02
1,000...	–	–	–	6,399	2,341	21,42	8,287	2,586	23,12
1,125...	–	–	–	7,194	2,647	21,34	–	–	–
1,250...	–	–	–	8,065	2,968	21,35	–	–	–
		k moyen : 23,95			k moyen : 21,37			k moyen : 22,99	

([1]) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1240 et 2050.

Conc.	Paraldéhyde. Poids pour 100g eau.	Paraldéhyde. Abaissement.	Paraldéhyde. k.	Acétone. Poids pour 100g eau.	Acétone. Abaissement.	Acétone. k.	Éther. Poids pour 100g eau.	Éther. Abaissement.	Éther. k.
				Pour les solutions 1 M.					
0,125...	1,749	0,410	30,94	–	–	–	–	–	–
0,250...	3,552	0,826	30,63	1,528	0,646	24,36	1,973	0,735	27,60
0,375...	3,413	1,249	30,47	2,326	0,972	24,24	2,995	1,119	27,69
0,500...	7,335	1,685	30,32	3,128	1,305	24,19	4.039	1,512	27,74
0,625...	–	–	–	3,944	1,650	24,26	5,107	1,914	87,77
0,750...	–	–	–	4,773	1,996	24,25	6,200	2,344	28,01
0,875...	–	–	–	5,618	2,352	24,28	7,321	2,766	28,00
1,000...	–	–	–	6,477	2,707	24,24	8,467	3,225	28,22
1,125...	–	–	–	7,351	3,070	24,22	–	–	–
1,250...	–	–	–	8,240	3,438	24,20	–	–	–
		k moyen : 30,60			*k* moyen : 24,25			*k* moyen : 27,86	
				Pour les solutions 1,225 M.					
0,125...	1,766	0,442	33,00	–	–	–	–	–	–
0,250...	3,587	0,885	32,57	1,553	0,683	25,50	1,993	0,797	29,64
0,375...	5,466	1,377	33,25	2,349	1,038	25,63	3,024	1,211	29,67
0,425...	6,237	1,552	32,85	–	–	–	–	–	–
0,500...	–	–	–	3,159	1,392	25,55	4,079	1,645	29,89
0,625...	–	–	–	3,983	1,764	25,69	5,157	2,085	29,96
0,750...	–	–	–	4,820	2,138	25,72	6,262	2,589	30,05
0,875...	–	–	–	5,674	2,497	25,53	7,393	3,010	30,17
1,000...	–	–	–	6,541	2,911	25,81	–	–	–
1,125...	–	–	–	7,424	3,286	25,67	–	–	–
1,250...	–	–	–	8,321	3,702	25,80	–	–	–
		k moyen : 32,92			*k* moyen : 25,65			*k* moyen : 29,90	

Les milieux étudiés semblent présenter une constante cryoscopique déterminée vis-à-vis de l'éther et de l'acétone. La faible solubilité du paraldéhyde d'une part, sa tendance à la dépolymérisation d'autre part, ne permettent pas d'affirmer qu'il en soit de même pour lui.

Les constantes obtenues pour l'éther et l'acétone croissent d'une manière analogue avec la concentration de la solution d'acétate, mais les valeurs trouvées sont assez différentes quand on passe de l'éther à l'acétone. L'étude de ces deux corps ne suffit pas pour déterminer avec sécurité la constante caractéristique du milieu.

CHIMIE PHYSIQUE. — *L'action retardatrice du verre sur la réaction de Landolt.* Note (¹) de M. **André Juliard**, transmise par M. Georges Urbain.

Lorsqu'on ajoute un excès d'acide iodique à une solution diluée d'acide sulfureux, il se forme de l'iode libre, qui apparaît brusquement après une période d'induction plus ou moins longue, variable avec les conditions de l'expérience. Cette réaction, étudiée pour la première fois par Landolt [2], a fait l'objet de très nombreuses études. Liebreich [3], entre autres, a constaté que dans certains cas l'iode n'apparaît pas au même instant dans tout le volume de la solution. Ainsi, si l'on effectue la réaction dans une éprouvette en verre, avec des concentrations convenables et en présence d'empois d'amidon, on voit se former d'abord une colonne bleue occupant l'axe de l'éprouvette, et la coloration ne s'étend ensuite que progressivement vers la périphérie. Tout se passe comme si la réaction était freinée au voisinage des parois.

On arrive à une interprétation satisfaisante du phénomène de Liebreich en étudiant de plus près le mécanisme de la réaction. De nombreux travaux [4] ont montré que l'acide sulfureux s'oxyde par deux voies différentes : d'une part, directement, par les ions IO_3^- :

$$IO_3^- + 3SO_3^{=} \rightarrow I^- + 3SO_4^{=}, \tag{1}$$

et d'autre part, indirectement, à partir de l'iode libéré par l'action des ions I^- sur les ions IO_3^- en excès :

$$5I^- + IO_3^- + 6H^+ \rightarrow 3I_2 + 3H_2O, \tag{2}$$

$$3I_2 + 3SO_3^{=} + 3H_2O \rightarrow 6I^- + 3SO_4^{=} + 6H^+, \tag{3}$$

la somme des deux dernières réactions étant stoechiométriquement équivalente à la réaction (1).

L'étude cinétique de ces trois réactions [4] a montré que la première est beaucoup plus lente que la deuxième et celle-ci beaucoup plus lente que la

---

(¹) Séance du 3 janvier 1933.

(²) H. Landolt, *Ber. d. chem. Ges.*, 19, 1886, p. 1317 et 20, 1887, p. 745.

(³) O. Liebreich, *Zeits. Phys. Chem.*, 5, 1890, p. 529 et 8, 1891, p. 83.

(⁴) A. Skrabal, *Z. Electroch.*, 28, 1922, p. 224 qui donne à la fin de son Mémoire la bibliographie détaillée concernant cette réaction.

troisième. Il en résulte, d'une part, que l'iode libre ne peut apparaître dans la solution qu'après la destruction des dernières traces d'acide sulfureux, et que, d'autre part, cette destruction s'effectue principalement sous l'action catalytique des ions I^-, par le jeu des réactions (2) et (3). Il est évident, dans ces conditions, que l'apparition de l'iode libre sera retardée si l'on élimine, au début de la transformation, les ions I^- provenant de la réaction (1).

Or le verre agit précisément pour capter les ions I^-; il les fixe par adsorption en jouant ainsi le rôle de catalyseur négatif. Grâce à la diffusion, cette action se fait sentir non seulement au contact immédiat du verre, mais aussi à une certaine distance des parois. D'autre part, l'élimination des ions I^- n'est que passagère, car elle s'arrête lorsque toute la surface du verre est saturée par la substance adsorbée. C'est à ce moment seulement que se produisent, dans la couche périphérique, les réactions (2) et (3) aboutissant à l'oxydation rapide de l'acide sulfureux et à l'apparition de l'iode libre.

Les expériences qui suivent confirment cette interprétation. Elles ont été effectuées à température ordinaire, avec une solution d'acide iodique à $0^g,25$ IO^3H par litre et une solution de bisulfite de sodium à $0^g,33$ SO^3HNa par litre, additionnée de $0^{cm^3},5$ d'acide sulfurique concentré et d'un peu d'empois d'amidon.

Première expérience. — On mélange les deux solutions à volumes égaux. On attend 30 secondes et l'on filtre la moitié du mélange sur un tampon de laine de verre purifiée. On constate que la coloration bleue apparaît dans la solution filtrée environ une demi-minute plus tard que dans la portion non filtrée (celle-ci bleuit après 3 minutes et demie). Ce retard s'explique si l'on admet que la laine de verre a enlevé à la solution les ions iode formés par la réaction (1) avant la filtration et dont la présence est nécessaire au déclenchement des réactions (2) et (3).

Deuxième expérience. — On introduit dans une éprouvette en verre un mélange fraîchement préparé des deux solutions, à volumes égaux. Trente secondes après on plonge lentement dans le mélange, jusqu'à mi-hauteur, un tampon de laine de verre. On constate que la solution bleuit d'abord et d'un seul coup dans la région au-dessous du tampon, et avec un retard de 10 à 30 secondes dans la région supérieure.

Troisième expérience. — On prépare des tampons de laine de verre imprégnés de très petites quantités d'iodure de potassium. On constate que le retard à l'apparition de l'iode libre dans la partie supérieure de l'éprouvette diminue à mesure qu'on augmente la concentration du bain ayant servi à l'imprégnation du tampon. Lorsque cette concentration est d'environ $0^g,015$ KI par litre pour 3^g de laine de verre plongée dans 200^{cm^3} de solution, le retard devient nul. Lorsqu'on dépasse cette concentration,

le phénomène est renversé : la solution bleuit d'abord dans la partie supérieure de l'éprouvette.

Ces résultats s'expliquent par le fait que si le tampon est imbibé d'un excès suffisant d'iodure, il le cède ensuite à la solution en provoquant non plus un retard mais une avance dans le déclenchement des réactions (2) et (3).

En résumé, ces expériences montrent nettement que la réaction de Landolt est catalysée par les ions I^-, et que le phénomène de Liebreich est dû à l'élimination de ces ions par le verre agissant comme adsorbant et jouant ainsi le rôle de catalyseur négatif.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la constitution des solutions chlorhydriques de sels de cobalt.* Note de M. **P. Job**, présentée par M. G. Urbain.

On sait que les solutions chlorhydriques de sels cobalteux prennent une coloration bleue intense, lorsque la teneur en acide est assez forte. A la suite d'Engel [1] de nombreux auteurs ont attribué ce changement de coloration à la formation d'un complexe chloré, mais ils n'ont pu vérifier quantitativement cette hypothèse, ni déterminer la formule de ce composé : il m'a paru intéressant de tenter d'y parvenir.

J'ai donc mesuré au spectrophotomètre d'Yvon et dans la région spectrale comprise entre 4500 et 7000 Å, les coefficients d'absorption de solutions aqueuses étendues de sulfate de cobalt (de 0,01 à 0,02 atome de cobalt par litre), contenant des quantités variables d'acide chlorhydrique (de 0 à 13 molécules par litre). Pour une même teneur en acide, les coefficients d'absorption sont proportionnels à la concentration en cobalt; on peut donc se contenter d'étudier une série de solutions où cette concentration reste constante et dont la teneur en acide augmente régulièrement.

Dans ces conditions, l'absorption pour une radiation rouge quelconque est pratiquement nulle jusqu'à une concentration 5N en acide, elle augmente ensuite très rapidement, puis tend vers une limite atteinte aux environs de 12N. Si donc la coloration bleue est due à un composé F, celui-ci n'existe pas en solusion chlorhydrique diluée, sa formation est complète dès que l'on atteint 12 molécules d'acide par litre. On peut aisément calculer la concentration de F dans une solution intermédiaire, à

---

[1] *Ann. Chim. Phys.*, 6e série, **17**, 1889, p. 338.

partir de sa constante d'absorption et mesurer le coefficient d'absorption de ce composé pour une fréquence quelconque.

Pour les petites longueurs d'onde, au contraire, l'absorption des solutions passe par un maximum pour une certaine acidité; ces solutions contiennent donc plus de deux constituants colorés, elles renferment à la fois le composé final bleu F et un mélange M variable avec la teneur en acide. Soit alors une solution dont nous mesurons l'absorption pour une certaine longueur d'onde; nous connaissons sa teneur en composé F et l'absorption propre de ce composé; il est donc facile de calculer l'absorption due au mélange M et le coefficient d'absorption que présenterait la solution considérée si tout son cobalt s'y trouvait à l'état M, sans formation de composé bleu. Autrement dit, nous pouvons construire les courbes d'absorption des mélanges M purs. L'examen de ces courbes montre qu'ils peuvent être considérés comme des mélanges binaires d'ion cobalteux et d'un composé intermédiaire I, dont on peut déterminer les proportions (1).

Tout se passe donc comme si les solutions considérées contenaient, en proportions connues, l'ion cobalteux et deux complexes chlorés dont il s'agit de déterminer les formules. Cela n'est possible qu'en appliquant la loi d'action de masse aux deux réactions d'équilibre :

$$Co^{++} + p\,Cl^- \rightleftharpoons [CoCl^p] \qquad \text{et} \qquad [CoCl^p] + q\,Cl^- \rightleftharpoons [CoCl^{p+q}] \quad (2).$$

Désignons par C_0, I, F et Cl, les masses actives des quatre constituants, on aura

$$\log Co - \log I + p \log Cl = k \qquad \text{et} \qquad \log I - \log F + q \log Cl = k'.$$

Les solutions étant diluées en cobalt, on peut prendre comme masses actives de l'ion cobalteux, du complexe intermédiaire et du composé final, leurs concentrations déterminées précédemment. Nous admettrons que la masse active de l'ion chlore est proportionnelle à l'activité moyenne de l'acide chlorhydrique déterminée aux fortes concentrations par Randall et Young (3). Cette hypothèse se justifie par le fait que les équations précédentes sont vérifiées lorsqu'on prend $p = 1$ et $q = 2$.

---

(1) La précision de cette détermination est suffisante jusqu'à une concentration environ dix fois normale.

(2) Ces trois ions peuvent d'ailleurs contenir de l'eau de constitution.

(3) *J. Am. Chem. Soc.*, **50**, 1928, p. 989. Cette activité moyenne est mesurée à 25°; nos mesures d'absorption se rapportent à 18°; on peut admettre que la variation du coefficient d'activité avec la molarité n'est pas affectée considérablement par cette différence de température.

Les solutions chlorhydriques de sulfate de cobalt sont donc constituées à la température ordinaire par un mélange d'ion cobalteux et de deux complexes chlorés dont les formules paraissent être, indépendamment de l'eau qu'ils peuvent contenir : $[CoCl]^{+}$ et $[CoCl^{3}]^{-}$. Le tableau suivant indique les proportions des trois composants en fonction de la teneur en acide, à 18° et pour une concentration assez petite en cobalt :

Concentr. molécul. de ClH.	0.	3,5.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	12.
Co^{++} pour 100....	100	96,8	92,3	86	72	47,8	16.5	4,8	0
$[CoCl]^{+}$ »	0	3,2	7,2	11,5	15,5	15,2	11,5	4,2	0
$[CoCl^{3}]^{-}$ »	0	0	0,5	2,5	12,5	37	72	91	100

COLLOÏDES. — *Sur les causes de la thixotropie de certains sols.* Note de M. **Paul Bary**, présentée par M. Urbain.

La propriété que possèdent certains sols colloïdaux de se prendre en masse au repos et de redevenir liquides par agitation, phénomène auquel on a donné le nom de *thixotropie*, n'a reçu de tentative d'explication jusqu'à ce jour que par l'hypothèse de la formation de couches de molécules d'eau orientées à la surface des granules contenus dans le sol. Ces couches en nombre suffisant formeraient alors sur les granules des enveloppes épaisses pouvant créer entre elles des points de contact ou d'adhérence s'opposant à leur liberté de mouvement.

Cette théorie a été discutée de diverses parts en s'appuyant sur le fait que la dimension des granules est toujours très faible par rapport à la distance qui les sépare les uns des autres et que leur immobilisation ne pourrait être obtenue qu'avec un nombre de couches beaucoup plus grand que ce qu'il est possible de concevoir. On peut ajouter également cette objection que, par cette hypothèse, toutes les suspensions colloïdales aqueuses devraient, dans certaines conditions de milieu, devenir thixotropiques et l'on sait qu'il n'en est pas ainsi.

La pectographie des sols d'oxyde de fer m'ayant permis (*Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1539 et 187, p. 538) de montrer que ces liquides contenaient l'oxyde de fer sous les deux formes distinctes de granules hydrophobes et de colloïde hydrophile et hydraté, et, d'autre part, tous les sols pouvant fournir des effets de thixotropie appartenant à cette même catégorie de sols mixtes, j'ai pensé que la cause du phénomène pouvait être attribuée à la présence de la matière hydrophile qui accompagne les granules du sol.

Si l'on admet que la partie colloïdale hydrophile est constituée par des molécules d'oxyde de fer (par exemple) polymérisées en chaînes, on peut estimer l'ordre de grandeur minimum du degré de polymérisation que devraient avoir ces molécules pour constituer dans toute la masse du sol une sorte de réseau irrégulier, de maille assez fine pour que la tension superficielle à la surface du sol soit un obstacle à la sortie du liquide.

Chaque granule présentant une surface sur laquelle les molécules en chaînes peuvent se fixer par un de leurs pôles, il suffit que la longueur de ces molécules soit de l'ordre de grandeur de la distance qui sépare deux granules pour que l'immobilisation de la masse soit possible.

Supposons donc que le réseau ainsi formé soit simplement cubique : chaque arête a des cubes élémentaires étant commune à quatre cubes, la longueur totale des arêtes d'un réseau formé de N cubes élémentaires sera de $3a$N et la longueur d'arête l par unité de volume du réseau sera $l = 3/a^2$.

En appelant α la longueur de la molécule monomère, p, son poids, n son degré de polymérisation et c la concentration du sol, on trouve

$$n = \sqrt{\frac{3p}{\alpha^3 c}}.$$

Appliquant cette formule à un sol contenant un colloïde hydrophile dont la molécule simple a un poids moléculaire de 100, une concentration de 0,001 (1^g par litre) et $\alpha = 0,5$ mμ, on trouve pour la valeur de n : 45, ce qui correspond à une valeur $a = 22,5$ mμ.

Si l'on rapproche ces nombres de ceux trouvés par Staudinger pour le caoutchouc pour lequel il observe dans certains cas $n = 3000$ et $a = n\alpha = 1\,\mu$, on voit aisément que le réseau moléculaire irrégulier nécessaire à l'immobilisation du liquide pourra être réalisé avec une faible partie seulement du réseau cubique dont il est parlé plus haut.

Ce réseau sera d'ailleurs assez fragile pour que l'agitation de la masse le détruise.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle méthode de synthèse d'aldéhydes aliphatiques α.α-diméthylées de poids moléculaire élevé.* Note de MM. **G. Darzens** et **André Lévy**, présentée par M. A. Desgrez.

L'un de nous a publié dernièrement une nouvelle méthode de synthèse glycidique d'aldéhydes basée sur la migration d'un radical R, de poids

moléculaire élevé, au cours de la décomposition pyrogénée d'acides glycidiques trisubstitués (1).

On peut admettre, dans cette synthèse, qu'il se forme intermédiairement un oxyde d'éthylène par perte de CO^2, et que c'est cet oxyde qui se transforme en aldéhyde comme l'indique le schéma suivant :

$$\underset{\text{(I)}}{\overset{R_1}{\underset{R_2}{>}}C\overset{O}{\frown}C(R)-CO^2H} \rightarrow \underset{\text{(II)}}{\overset{R_1}{\underset{R_2}{>}}C\overset{O}{\frown}CH(R)} \rightarrow \underset{\text{(III)}}{R-\overset{R_1}{\underset{R_2}{C}}-COH}$$

Dès lors, il était vraisemblable que les oxydes d'éthylènes du type (II), où R est un radical de poids moléculaire élevé de *nature quelconque*, devaient se transposer de même en aldéhydes de formule (III), d'autant plus que l'on a déjà observé des transpositions de ce genre lorsque le radical R est aromatique (phényl ou anisyl) (2).

Afin de vérifier cette hypothèse, nous avons entrepris un ensemble de recherches dont nous publions ici les premiers résultats et qui nous a amené à une nouvelle méthode de synthèse d'aldéhydes de poids moléculaire élevé α-diméthyles.

Les oxydes d'éthylènes (II) étant plus difficilement accessibles que les glycols correspondants, nous nous sommes d'abord limité à ces derniers et plus particulièrement à leurs éthers monométhyles de formule (IV) :

$$\underset{\text{(IV)}}{R-\underset{OCH^3}{CH}-\underset{OH}{C}\langle^{R_1}_{R_2}} \qquad \underset{\text{(V)}}{\overset{CH^3}{\underset{CH^3}{>}}\underset{OH}{C}-\underset{OH^3}{C}-R} \rightarrow \underset{\text{(VI)}}{R-\overset{CH^3}{\underset{CH^3}{C}}-COH}$$

Dans le présent travail nous nous bornerons à des glycols de formule (V) où les radicaux R_1 et R_2 sont remplacés par le méthyle afin de mieux mettre en évidence l'influence du radical R seul.

Comme on va le voir ces corps se transposent très facilement en aldéhydes

---

(1) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 884.

(2) M. Tiffeneau, A. Orekow et Mlle J. Lévy, *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 977; Tiffeneau et Mlle J. Lévy, *Bulletin Soc. Chim. de France*, 4e série, **39**, 1926, p. 763; Tiffeneau et Dorlencourt, *Comptes rendus*, **143**, 1906, p. 1244.

de formules (VI) lorsque le radical R est de poids moléculaire assez élevé et il en résulte une méthode très générale pour préparer ces aldéhydes qui sont des acétaldéhydes trisubstituées du type de celles obtenues précédemment par la synthèse glycidique. Lorsque le radical R est de poids moléculaire faible inférieur ou égal à C^5H^{11}, la transposition aldéhydique n'a plus lieu et l'on obtient une cétone comme cela est déjà connu, pour un poids moléculaire moyen on a enfin un mélange d'aldéhyde et de cétone.

Les glycols monométhyles (V) s'obtiennent facilement au départ d'un acide $R-CH^2-CO^2H$ dont on prépare d'abord le dérivé α-brome; ce dernier, après estérification par l'alcool méthylique, est traité par CH^3-O-Na puis par deux molécules de $Mg\langle^{Br}_{CH^3}$ suivant le schéma :

$$R-\underset{\displaystyle Br}{CH}-CO^2CH^3 \rightarrow R-\underset{\displaystyle OCH^3}{CH}-CO^2CH^3 \rightarrow R-\underset{\displaystyle OCH^3}{CH}-\underset{\displaystyle OH}{C}\langle^{CH^3}_{CH^3}$$

Toutes ces réactions donnent de bons rendements et l'isomérisation finale en aldéhyde est réalisée, avec un rendement presque théorique par l'acide formique à l'ébullition.

M. D. Bardan, voulant généraliser une méthode de synthèse des aldéhydes de M. Sommelet a déjà préparé des glycols du type (IV) mais, à l'inverse de nous, il s'est adressé à des acides de poids moléculaire faible ($R = CH^3$ ou C^2H^5) sur lesquels il faisait ensuite réagir des grignards de radicaux de poids élevé; dans ces conditions, au lieu d'obtenir notre transposition menant à des aldéhydes, il n'a observé que l'isomérisation en cétone sans migration du radical R [1].

A l'aide de cette méthode, nous avons obtenu les dérivés et aldéhydes suivants :

L'acide stéarique a donné par bromuration l'acide α-bromstéarique distillant à 191-192° sous 3^mm^ et présentant nettement deux points de fusion comme cela s'observe pour beaucoup de dérivés d'acides gras supérieurs (12° et 30°,5); l'éther méthylique α-méthoxyle correspondant distille à 184-185° et fond à 17°,5 et 34°, le glycol de formule : $C^{16}H^{33}-C(OCH^3)-C(OH)(CH^3)^2$ fond à 0° et 18°; enfin l'aldéhyde α.α-diméthylstéarique distille à 165-177° et fond à 14°,5.

L'acide laurique nous a donné un éther méthylique α-méthoxylé distillant à 124° sous 2^{mm}, un diméthylglycol correspondant distillant à 134° sous 3^{mm}, enfin l'aldéhyde α.α-diméthyllaurique distillant à 140° sous 13° déjà préparée par l'un de nous [2].

---

(1) D. BARDAN, *Bulletin Soc. Chim.*, 4e série, 49, 1931, p. 1426.

(2) G. DARZENS, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 884.

L'acide cuprique donne un dérivé monobromé dont l'ester méthylique distill- à 116° sous 2mm, un ester méthylique monométhyle distillant à 126° sous 15mm, un glycol diméthyle correspondant $C^8H^{17} - CH(OCH^3) - C(OH)(CH^3)^2$ distillant à 112°. Ce dernier, traité à l'ébullition avec deux fois son poids d'acide formique, se transforme dans un mélange renfermant environ 30 pour 100 d'aldéhyde $\alpha.\alpha$-diméthyldécylique et 70 pour 100 d'isopropylcétylcétone.

L'acide œnantique donne un éther méthylique α-méthoxylé distillant à 90° sous 12mm, puis un diméthylglycol correspondant $C^5H^{11} - CH(OCH^3) - C(OH)(CH^3)^2$ distillant à 86° sous 11mm. Ce dernier, traité par l'acide formique, donne exclusivement l'isopropyl-amylcétone.

Nous nous proposons de poursuivre ce travail tant sur les glycols du type IV que sur les oxydes d'éthylène correspondant qui met en évidence l'aptitude migratrice des radicaux aliphatiques de poids moléculaire élevé non encore soupçonnée et comparable à celle du phényle et ses dérivés.

LITHOLOGIE. — *Extension des bauxites à diaspore.*

Note de M. **Jacques de Lapparent**, présentée par M. L. Cayeux.

Sous le nom de bauxites à diaspore j'entends des bauxites qui contiennent, et en quantité, des cristaux du corps AlO^2H, déterminé par les minéralogistes comme diaspore. On sait effectivement qu'il existe aussi dans les bauxites un minéral de même formule que le diaspore, mais qui en diffère par l'architecture, et qu'on nomme boehmite.

J'ai fait connaître naguère que des bauxites se trouvaient en Pays de Fenouillet, dans les Pyrénées-Orientales, et qui sont précisément caractérisées par le diaspore. Elles sont, au point de vue stratigraphique, l'équivalent des bauxites de l'Ariège (antérieures à l'Aptien) que caractérise principalement la boehmite. Mais on trouve déjà parmi ces dernières des types chargés d'une petite quantité de diaspore. On voit alors que ce minéral y est d'une génération postérieure à celle de la boehmite.

On retrouve des bauxites à diaspore dans les gîtes de Catalogne (Espagne).

En Provence, où les bauxites sont d'un âge plus récent que dans les Pyrénées, lorsqu'on trouve ensemble, dans les bauxites, boehmite et diaspore, on voit encore que le diaspore est de la plus ultime génération.

Des bauxites se trouvent en outre dans ces régions plissées, d'âge alpin, connues des géologues sous le nom de Dinarides et d'Hellénides. Dans les

Dinarides, qu'il s'agisse des bauxites de Dalmatie ou de celles d'Herzégovine, l'hydrate d'alumine que l'on reconnaît en ces roches est, avant tout, le trihydrate nommé « gibbsite ». Dans les Hellénides, qui font suite aux Dinarides, mais où les gisements de bauxite sont situés beaucoup plus au Sud, les bauxites sont caractérisées par le diaspore. Certains types arrivent à en contenir jusqu'à 70 pour 100, et le montrent sous forme de cristaux assez développés pour que leurs propriétés puissent être facilement déterminées.

On voit nettement que le diaspore s'est formé, dans ces roches, après l'évolution de leur matière génératrice, soit vers les types rouges, soit vers les types blancs.

Le fait que le temps de la production du diaspore correspond au dernier stade de la diagénèse des matériaux, qui ont donné naissance aux bauxites, nous incite à penser que c'est lors de l'enfouissement le plus profond de celles-ci que le diaspore a dû s'y développer. Le diaspore se serait formé de préférence à la boehmite quand la température se serait élevée.

Les bauxites qui sont essentiellement à diaspore, sans contenir de boehmite, et que nous trouvons, tant en Pays de Fenouillet qu'en Pays grec, semblent témoigner d'un important relèvement des isogéothermes dans ces régions aux temps où des bauxites s'y élaboraient.

Au Crétacé moyen et au début de l'Eocène, des magmas éruptifs, déjà prêts à sortir, réchauffaient en profondeur les terrains immédiatement à l'Est de ce qui devait être les Pyrénées, et là où sont aujourd'hui les terres helléniques et les Cyclades.

GÉOLOGIE. — *Observations sur le Dévonien du nord des Vosges.*
Note de Mme **Élisabeth Jérémine**.

L'étude des roches éruptives et métamorphiques de la feuille au 80000e de Lunéville m'a montré que la série antépermienne à laquelle M. Jung [1] a donné le nom compréhensif de dévono-dinantien, y est plus développée que l'ancienne édition de cette carte ne l'indique. J'ai découvert, notamment entre Denipaire et Saint-Jean d'Ormont, une petite bande composée de

[1] *Mém. Serv. Carte géol. d'Alsace et de Lorraine*, n° 2, 1928.

schistes micacés, de cornéennes, de conglomérats métamorphisés et de tufs rhyolitiques traversés par quelques filons de microgranite. Une autre bande se rencontre plus au Nord près de la ferme ruinée de Pertuis. Elle est constituée par l'alternance de roches métamorphiques amphiboliques, de schistes micacés, de tufs, coupés également par des filons microgranitiques. Le plongement des couches dévoniennes métamorphiques est très incliné, parfois vertical et la direction très variable, du fait d'un intense plissement. Je considère ces deux bandes comme le prolongement dans la direction SW de la « traînée volcanique du Champ du Feu » (Jung) appartenant au terrain dévono-dinantien. Elles sont pincées dans le granite comme le seraient de très minces synclinaux.

Une petite tache des mêmes terrains métamorphiques se retrouve près de la Petite Fosse un peu en dehors (au sud) de la feuille de Lunéville. Certains lits de ce gisement contiennent en abondance des Radiolaires. Bien que ces organismes ne soient pas des fossiles caractéristiques, leur présence dans cette partie des Vosges est toujours rattachée au Dévonien, ce qui me conduit à conclure que le petit lambeau de la Petite Fosse lui appartient également.

Un autre affleurement très caractéristique de Dévonien métamorphique apparaît près de Belval. Il est visible dans une carrière, à 500^{m} au sud de ce village, sur la route de Vermont. Les couches peu inclinées sont composées de grès, tufs et schistes micacés et recouvertes par le grès permien. Ce Dévonien se relie à l'Ouest, aux roches métamorphiques de même niveau, accompagnées de puissantes coulées rhyolitiques, que l'on trouve près de Chacheux et près de la Rochère, tandis qu'à l'Est, près du Boudimont, il se rapproche du massif dévonien de la vallée de la Bruche.

Dans les schistes et les arkoses de cette région des Vosges on rencontre souvent des lits interstratifiés peu puissants, très siliceux et compacts qui renferment des Radiolaires. Associées aux roches plus ou moins fortement métamorphisées, ces couches siliceuses sont généralement réfractaires au métamorphisme. A Moussey et à la Petite Fosse, les Radiolaires sont transformés en calcédoine et le schiste qui les relie est pauvre en paillettes de biotite. Mais un bel affleurement de schistes plissés, au dessus de Moyenmoutier admet des intercalations de bancs compacts, bruns, riches en Radiolaires et en même temps faiblement affectés par le métamorphisme. Les Radiolaires, eux-mêmes, sont entièrement envahis par une chlorite, par la biotite ou l'albite. Si la formation de la chlorite et de l'albite

peut être expliquée d'une autre façon (1), les petites lamelles de *biotite* qui remplissent le corps et les pores des Radiolaires sont nettement dues au métamorphisme de contact. Ainsi dans un schiste peu métamorphique, les Radiolaires sont les lieux de concentration du métamorphisme. Souvent même quand le métamorphisme devient plus intense, la structure de ces organismes s'efface et l'on ne voit à leur place qu'une tache microscopique, riche en lamelles de biotite.

J'ai rencontré un autre cas semblable de concentration des minéraux de métamorphisme à la place des squelettes de fossiles dans des calcaires transformés en cornéennes, près de Bonne-Fontaine (NW de Saales). Ces cornéennes, à grain très fin, sont pyroxéniques ou amphiboliques, souvent grenatifères. On n'y trouve aucun fossile discernable à l'œil nu, cependant, en plaque mince, on aperçoit des corps réguliers, ronds, ovales, allongés affectant une apparence de débris organiques fossilisés, voir même les restes d'un tissu réticulaire, plus clairs que le fond, à grain très fin, qui les englobe. Ces débris sont remplis de cristaux de diopside et d'épidote plus largement cristallisés que les mêmes minéraux dans le ciment et entourés d'une auréole épaisse de minéraux de métamorphisme.

Ainsi, dans certains cas, les fossiles peuvent former comme des centres d'élection du métamorphisme de contact.

GÉOLOGIE. — *Sur la subdivision stratigraphique du complexe schisto-grauwackeux des Vosges.* Note de M. **Georges Dubois**, présentée par M. Ch. Barrois.

A la suite de la mise en œuvre de documents paléontologiques les uns déjà connus et revus, les autres découverts et étudiés récemment, l'état de nos connaissances sur la stratigraphie du complexe schisto-grauwackeux des Vosges se précise de la façon suivante :

A. Massif de la Bruche. — Les couches fossilifères guides y sont au nombre de trois.

Eifélien : Grès, poudingues, grauwackes (parfois de type voisin de la grauwacke rhénane) à *Calceola sandalina* Lamk. Les Fosses à Plaine,

(1) J. de Lapparent, *Comptes rendus*, 169, 1919, p. 802; *C. R. Congr. Soc. Sav.*, 1929, p. 73.

Saulxures, et nombreux autres gisements, rappelés déjà par M. J. Jung (¹).

Givétien : Schistes avec lentilles de calcaire souvent bréchiques, dont la traînée la plus nette, déjà décrite par Élie de Beaumont (²), se suit par Russ, Schirmeck, Wackenbach, Framont. Dans les schistes : *Asteroxylon hostimensis* Pot. et Bern (³), dans les calcaires : *Stringocephalus Burtini* Defr.

Viséen : Schistes de Champenay à *Cardiopteris frondosa* Gœpp. et *Sphenopteridium dissectum* Gœpp., Posidonie (⁴). Des schistes analogues à ceux de Champenay existent à Urmatt au Stiftwald (⁵).

Ces schistes se parallélisent plus particulièrement avec l'horizon de Sümpfenwalde des schistes à Posidonies de la Mohra en Moravie-Silésie (⁶), à *Nomismoceras vittiger* Phill. et *Glyphioceras crenistria* Phill., zone IIIα du culm de l'Europe centrale, niveau sensiblement équivalent du marbre noir de Dinant, ou de peu plus élevé.

Pour le moment, aucune donnée paléontologique ni stratigraphique ne permet de rapporter avec certitude soit au Dévonien supérieur, soit au Tournaisien, l'une ou l'autre des autres couches dévono-dinantiennes du massif.

B. Massif des Ballons (abstraction faite des couches dévoniennes du Bois de la Thure, près Chagey) :

Viséen. — Les seuls documents paléontologiques ayant une valeur stratigraphique, signalés dans le massif, se rapportent au Viséen ainsi que vient de le rappeler M. G. Delépine (⁷). Il ne semble pas d'ailleurs qu'on puisse établir une distinction stratigraphique très importante entre le Viséen à animaux de Bourbach-le-Haut et le Viséen à végétaux de Thann-

(¹) *Contrib. à la Géol. des Vosges hercyn. d'Alsace. Thèse*, Strasbourg, 1928, p. 247.

(²) *Explication de la Carte géologique de la France*, 1, 1841, p. 322-323.

(³) G. Dubois, *C. R. Soc. Géol. Fr.*, 16, 1932, p. 222-223.

(⁴) P. Corsin, G. Dubois, L. Guillaume, *C. R. Soc. Géol. Fr.*, nº 7, 1931, p. 84-85; P. Corsin et G Dubois, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1846-1847; *Bull. Serv. Carte Géol. Als. Lorr.*, 2, 1932, 4 fig., pl. I-III; en cours publ.

(⁵) M. Edw. Jung y a recueilli des débris de plantes parmi lesquels *Sph. dissectum* Gœpp.

(⁶) K. Patteisky, *Die Geologie und Fossilführung der mährisch-schlesischen Dachschiefer- und Grauwacken Formation*. Troppau, 1920, p. 298-303 et 338.

(⁷) *C. R. Soc. Géol. Fr.*, 16, 1932, p. 217.

Bourbach-le-Bas [1] et de Bussang. Il s'agit ici encore de couches sensiblement équivalentes de la partie inférieure des schistes à Posidonies de la Mohra : horizons de Boidensdorf et de Sümpfenwalde [2], c'est-à-dire d'un Viséen peu élevé, à *Nomismoceras vittiger* Phill. et *Glyphioceras crenistria* Phill. ou zone IIIα du culm (sans *Gl. falcatum* Roemer et *Gl. striatum* Sow. qui occupent des horizons plus élevés du Viséen ou IIIβ du culm). La présence de Tournaisien n'a été déduite que de considérations pétrographiques et tectoniques.

C. En résumé, sans préjuger de l'extension du Tournaisien, il est établi que, avec ou sans Dévonien moyen, le Viséen (et surtout le Viséen inférieur) tient une place stratigraphique importante dans toutes les Vosges. Dans l'état de nos connaissances, l'histoire sédimentaire du culm vosgien semble d'ailleurs se terminer sensiblement vers le Viséen moyen.

GÉOLOGIE. — *Essai de classification du Miocène supérieur et du Pliocène inférieur de Roumanie. Le bassin dacique.* Note [3] de Mlle **S. Gillet**, présentée par M. Ch. Jacob.

Le bassin dacique [4] se rattache par ses faciès et par ses faunes aux régions orientales de la mer Noire, constituant ce qu'Andrusow appelle bassin euxin. Nous savons [5] qu'au Volhynien (Sarmatique inf.), un lac-mer à faune uniforme s'étendait sur toute l'Europe orientale. Lorsqu'à la fin de cette époque le bassin pannonique se sépare des bassins dacique et euxin, la faune des régions orientales de l'énorme lac-mer se distingue nettement de celle des régions occidentales. Le bassin dacique présente alors uniquement, et jusqu'à la fin de l'époque sarmatique, des faciès et des faunes de type russe.

Au Bessarabien, on retrouve les mêmes horizons que dans le détroit de Kertch. Le plus ancien horizon (sables et grès à *Limnocardium Fittoni*)

---

(1) A la Boutique (Bourbach-le-Haut), on trouve mélangés fossiles animaux et restes végétaux.

(2) K. Patteisky, *loc. cit.*, p. 296-303.

(3) Séance du 9 janvier 1933.

(4) Sous le nom de bassin dacique, je désigne, outre les provinces de la vieille Roumanie, la Dobrogea et la Bessarabie. Il faut y rattacher aussi la Serbie orientale et, au début du Sarmatique, la Galicie.

(5) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1402-1405.

recouvre le Volhynien dans la région du Vaslui (Moldavie). Le niveau moyen, constitué par des calcaires à Bryozoaires, occupe dans la Bessarabie centrale toute l'étendue de l'étage (calcaires oolithiques à *Nubecularia* de Sinzow). Des lentilles de calcaires oolithiques, signalées par David au-dessus des sables, doivent y correspondre en Moldavie.

Le niveau supérieur (marnes à *Limnocardium Barboti* et *Michailovi*) existe sporadiquement en Moldavie, notamment à Ungheni sur le Pruth. J'ai retrouvé ce niveau en Dobrogea, à la base de la falaise de Balcic. Dans les bancs marneux plus élevés, j'ai recueilli en outre des *Turbo* et des Limnocardiidés de la faune de Chisinau. Le long des Carpathes, le Bessarabien est régressif et représenté par des faciès très divers à faune monotone où dominent *Mactra fabreana* et *M. podolica*.

Le Chersonien, bien représenté dans le bassin euxin et généralement par des calcaires et des argiles à *M. caspia*, est peu développé sur la bordure des Carpathes. Des calcaires à *M. caspia* sont cités sporadiquement dans le district de Prahova et en Olténie; des sables et des grès à *M. cumulata* sont signalés dans la région de Ramnicul-Sarat. En Dobrogea, le sommet des falaises de Balcic est formé de calcaires blancs à *M. podolica* et *M. bulgarica*. On peut l'attribuer au Chersonien, *M. bulgarica* accompagnant généralement *M. caspia* dans les gisements.

Au Méotien, on trouve trois faciès dans les Carpathes, comme en Russie (1). Ce sont les grès à *Dosinia exoleta*, les couches à *Helix* et *Unio* et l'horizon à petites Congéries qui se retrouve à la fois dans la Serbie orientale et dans la région de la Caspienne. En Moldavie, le Méotien est constitué par une faune à caractère sarmatique qui rappelle la faune d'Ahtchagyl du Dacien de la Caspienne.

Au Pontien, la communication entre le bassin occidental et les bassins orientaux se rétablit. Il se reforme un immense lac-mer comme au Volhynien, mais à faunes mieux individualisées qu'à cette époque.

Le Pontien du bassin dacique se rattache, comme celui de la Russie, à deux types distincts : celui de Kertch et celui d'Odessa. Le type de Kertch contient, sur la bordure des Carpathes, à peu près la faune des faluns de Kamyschburun, avec à la base des argiles à *Valenciennesia annulata* et *Limnocardium Abichi* et, au sommet, des sables argileux à *Dreissencia* et Limnocardiidés. Le voisinage du bassin pannonique se fait sentir par la présence

(1) Suivant les auteurs, ces faciès sont superposés ou passent latéralement de l'un à l'autre.

de nombreuses espèces de type occidental, notamment *Congeria rhomboidea*, remplacée dans le détroit de Kertch par *C. subrhomboidea*. La Transylvanie étant émergée, la communication devait se faire par le Banat. C'est pourquoi Laskarew a parlé d'un chenal des Portes de Fer.

Des argiles à *Limnocardium Abichi* et *L. syrmiense*, attribuées au Pontien supérieur, se retrouvent, très réduites, en Dobrogea, sur les bords du Danube. Elles indiquent le rivage sud du lac pontique.

Le type d'Odessa est représenté en Bessarabie, du lac Jalpoug au Dniester, par des calcaires passant par places à des argiles et à des sables. La faune, très monotone, abonde en petits Limnocardiidés. Elle est caractérisée par *Congeria subcarinata*, espèce commune avec les faluns de Kamyschburun et qui manque dans le Pontien des Carpathes. On trouve sporadiquement dans ce dernier [Berca (Buzau), N. de Ramnicul-Sarat, etc.] une faune de petits Limnocardiidés et de petites Dreissencies qui rappelle celle d'Odessa.

Le Moldavien du plateau moldave à *Congeria subcarinata* et fossiles d'eau douce, signalé par David, doit appartenir au Pontien, comme l'a indiqué récemment Krejci.

Au Dacien s'individualisent, dans la région dacique, une série de lacs d'eau presque douce, à faune distincte de celle des régions orientales (faune à Prosodacnes et à Vivipares). Les deux bassins euxin et caspique sont alors distincts. Le régime fluviolacustre s'établit peu à peu en Roumanie vers la fin du Dacien et se continue pendant tout le Pliocène.

GÉOLOGIE. — *Observations géologiques dans le Massif du Djebel Kelti (Maroc espagnol)*. Note de M. **Paul Fallot**, présentée par M. Ch. Jacob.

Les grands traits de la structure de la dorsale calcaire du Rif espagnol sont connus depuis le Détroit de Gibraltar jusqu'à une dizaine de kilomètres au Sud de Tetuan.

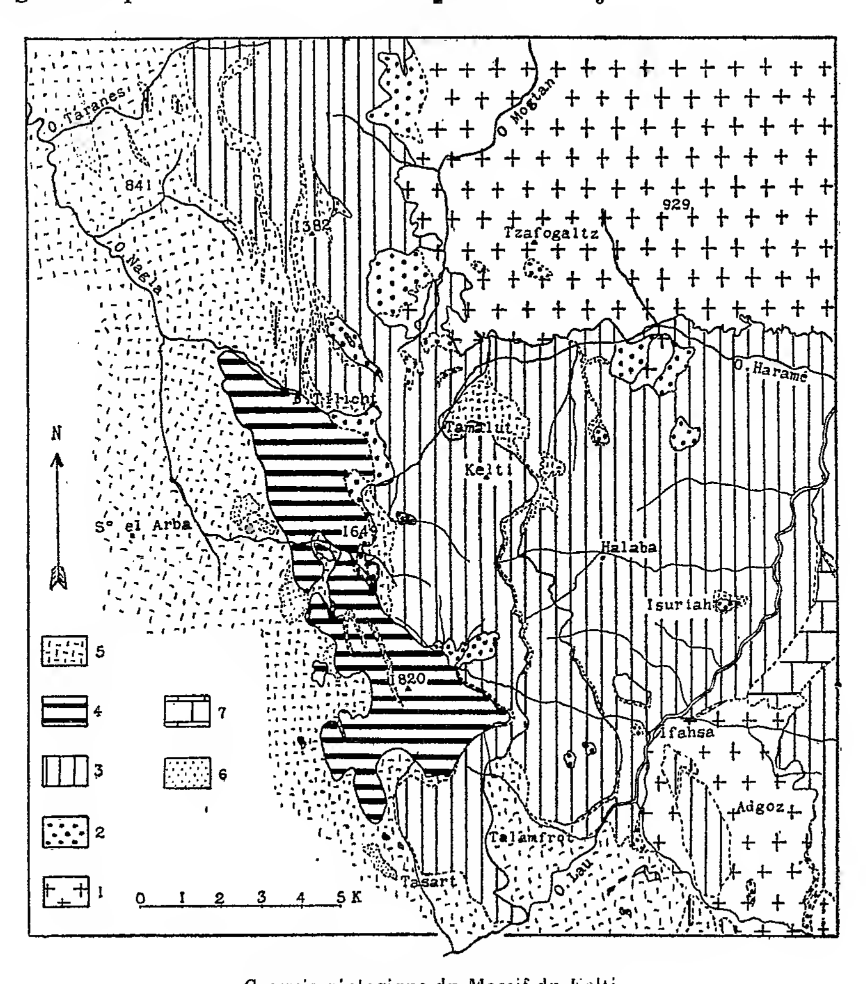
Au Sud de cette ville, on a décrit des plis déversés vers l'extérieur, affectés d'une forte élévation d'axe jusqu'à la Cudia Atba, puis, au Sud de ce point [1], le rétrécissement de la chaîne et l'allure droite de ses plis. Cette année, j'ai pu étudier plus complètement le tronçon de Cudia Atba-

---

[1] *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 466.

Dj. Kelti, grâce à la publication de deux belles feuilles au 1/50000e de la carte géologique provisoire du Maroc espagnol.

La chaîne calcaire demeure étroite sur un tronçon méridien de 8^{km}, puis s'élargit brusquement à la hauteur du massif du Dj. Kelti.



Croquis géologique du Massif du Kelti.
1, Paléozoïque; 2, Permo-Trias; 3, Dolomies et calcaires (Trias-Lias); 4, Dolomies et calcaires du lambeau de El Babat; 5, Flysch; 6, Grès de l'Algibe; 7, Néogène transgressif.

Au Nord, les plis de calcaires et de dolomie sont droits, aigus et pincent du Flysch. Dans le versant Est de la chaîne, le Paléozoïque, accompagné de Permo-Trias, s'appuie à environ 45° contre le plus interne de ces plis. Au fur et à mesure que l'on gagne vers le Sud, les plis et le Primaire s'inclinent davantage vers l'extérieur de la chaîne. Tournant en même

temps à partir du Dj. Tzafogaltz, ils révèlent dans le Dj. Kelti une poussée vers le Sud-Ouest et une exagération allant jusqu'au charriage.

Le socle du Dj. Kelti montre au Sud-Est de puissantes dolomies en partie triasiques (Halaba), des calcaires du Lias et du Flysch. Cet ensemble est chevauché par une série analogue quoique moins puissante, dont les calcaires forment le sommet du Dj. Kelti (1927^m). Une lame de charriage s'intercale à partir du ravin de Halaba, entre l'autochtone et l'écaille du Kelti. Son front correspond sans doute à l'arête couronnée de Permo-Trias dominant Talamfrot, dont j'ai déjà signalé le chevauchement sur le Flysch. Enfin, sur l'écaille du Dj. Kelti, demeurent des lambeaux de Permo-Trias. Ils se relient au massif du Dj. Izmamen (1820^m) dont la masse dolomitique et calcaire, accompagnée de Permo-Trias à gypse, se poursuit au Nord par la Cudia el Babat (1649^m).

Cette série supérieure passe par-dessus les autres et son front plonge vers et sur le Flysch périphérique avec des pendages qui font croire à une disposition verticale normale des couches; mais l'ensemble des contours et l'intersection de Bab Tilicht ne laissent aucun doute à ce sujet.

L'imbrication du Kelti s'enracine selon l'Oued Haramé sous le Paléozoïque de la zone interne. Elle subit de plus un abaissement axial vers le Nord-Ouest et le Flysch sur lequel elle repose disparaît en profondeur au Nord de Tamalut.

Comme le front des écailles du Kelti est caché sous le lambeau de El Babat, on ne peut encore préciser leur raccord avec les plis droits des abords du Dj. Lenda (1382^m). Deux interprétations sont possibles : ou bien ces écailles diminuent d'ampleur, se redressent et passent aux accidents subverticaux du tronçon septentrional, ou bien l'écaille ennoyée du Kelti, conservant la même ampleur, se prolonge elle-même par le tronçon du Dj. Lenda. Cela impliquerait le charriage de ce tronçon à plis méridiens et par continuité le charriage de la chaîne jusqu'au Sud de Tetuan.

Les motifs anciens d'admettre le caractère autochtone de cette chaîne, vers Tetuan, et la disposition, aux abords du Dj. Lenda, des plis droits de Secondaire qui émergent normalement du Flysch me font admettre pour le moment la première interprétation.

Dans ce cas, l'imbrication du Dj. Delti correspondrait à un chevauchement maximum de 6-8^{km} et le lambeau de El-Babat à un déplacement de 14-16^{km}.

GÉOLOGIE. — *Observations au sujet de la tectonique de la partie occidentale de la Nerthe*. Note de **J. Repelin**, présentée par Ch. Jacob.

M. Lutaud et Mlle Dehorne [1] ont appelé l'attention sur les complications de la coupe géologique offerte par la tranchée du Chemin de fer P. L. M. au Sud de la gare Martigues-Caronte.

Ils ont admis qu'il y avait là la preuve de recouvrements, qui feraient suite à ceux qui ont été signalés ailleurs dans la Nerthe. L'importance de ce fait serait surtout, à mon avis, qu'il fournirait le moyen de limiter au Nord les masses charriées, ce qui n'avait jamais été fait jusqu'ici.

J'avais admis cette conclusion qui me paraissait vraisemblable, lorsqu'à la suite de recherches d'eaux souterraines pour la Société des Huiles de Pétrole, établie à l'Avera près de Fort-de-Bouc, j'ai eu l'occasion de revoir avec la plus grande attention la tranchée en question. Le croquis relevé par les auteurs de la Note est très exact, sauf les points que je vais préciser.

La succession du Sud au Nord comporte, comme ils l'indiquent, depuis le pont du chemin de fer, un affleurement urgonien présentant une petite faille sans importance, puis un ensemble comprenant des calcaires à silex, des calcaires bleutés identiques à ceux des environs de la Mède et enfin des assises marneuses en petits bancs, le tout présentant les caractères typiques de l'Aptien inférieur et moyen ; quelques traces de fossiles ne permettent pas de douter de l'âge aptien de cet ensemble. Ce terrain, comme l'indique le croquis, est relevé jusqu'à la verticale et même déjeté vers le Nord. Il en est de même du Cénomanien qui fait suite ; mais il n'y a ni Turonien, ni Urgonien, entre l'Aptien et le Cénomanien. Les bancs calcaires que l'on rencontre au contact de l'Aptien doivent être rapportés au Cénomanien inférieur dont ils ont tous les caractères. Le Turonien dans cette région est gréseux, jaunâtre, et l'on n'y trouve jamais de calcaire blanc compact comparable à l'Urgonien. Ces bancs pourraient à la rigueur être confondus avec l'Urgonien pour leur faciès coralligène, mais ils se relient avec des bancs cénomaniens incontestables et d'ailleurs ils sont concordants avec le reste de la série cénomanienne supérieure. Le Turonien jaunâtre n'a pas un plongement différent de celui de l'Aptien et du Cénomanien. Il est vertical et en certains points déversé vers le Nord comme l'Aptien de la tranchée.

[1] *Comptes rendus*, 167, 1918, p. 28 à 31, 1 figure.

L'affleurement aptien est en continuité avec celui de Gueule d'Enfer. Très développé dans la tranchée et dans la plaine voisine de Camilliéri, il disparaît aussi bien à l'Est qu'à l'Ouest, coincé entre l'Urgonien et le Cénomanien, si bien qu'il est complètement masqué en surface. Le même fait se présente dans cette région pour les parties marneuses du Turonien, de l'Hauterivien, du Valanginien. Elles sont en général laminées et réduites à une faible épaisseur, quand elles ne disparaissent pas.

Entre l'Urgonien et le Cénomanien les bancs aptiens supérieurs verticaux plongent incontestablement sous le Cénomanien vertical et les bancs inférieurs moins relevés sont concordants sur l'Urgonien. *La série est accidentée, mais en succession normale, et il n'est pas possible de voir dans ces accidents la preuve de l'existence d'une nappe.*

J'ai la conviction que les recouvrements de la Nerthe que j'ai suivis avec le plus grand soin ne s'observent que dans la partie située au Sud de la dépression de Saint-Pierre (1).

J'ai précisé dans une récente publication (2) que, contrairement à ce que j'avais pensé d'abord, il n'y a eu dans la chaîne de la Nerthe, comme dans l'Étoile, qu'une seule nappe. On trouve dans les deux chaînons, en faisant des coupes Nord-Sud, une série en ordre normal, une autre renversée ou fortement relevée et entre les deux une zone d'effondrement. La partie qui nous intéresse ici ne ferait pas exception et la zone d'effondrement pourrait bien être masquée par le Tertiaire de la dépression de Saint-Pierre.

GÉOLOGIE. — *Sur le passage latéral du Crétacé à faciès dit wealdien de la province de Burgos au Crétacé inférieur marin des provinces cantabriques.* Note de M. **Raymond Ciry**, présentée par M. Ch. Jacob.

Dans la partie de la province de Burgos à l'Ouest du méridien de Poza de la Sal, le Crétacé inférieur est constitué exclusivement par un puissant complexe de poudingues, de grès siliceux aux couleurs variées, de sables et de schistes argileux, avec, par place, des lentilles de calcaire lacustre et des couches ligniteuses. Reposant en discordance sur du Bathonien, cette

(1) Voir la *Feuille géologique d'Arles* au 1/80000e et *Bull. Sc. Géol. Fr.*, 3e série. 28, 1900, p. 236-263.

(2) *Description géologique succincte du département des Bouches-du-Rhône*, Marseille, 1930, p. 240 et suiv.

formation passe insensiblement vers le haut à des grès à Ostracés ou à Orbitolines du Cénomanien.

Les documents paléontologiques y sont rares. Seuls les niveaux calcaires m'ont fourni quelques Gastéropodes lacustres mal conservés ; aussi l'âge de ces dépôts restait-il imprécis. On savait seulement que, dans leur prolongement vers l'Est, dans la province de Logroño, P. Palacios et R. Sanchez ont recueilli une faune d'eau douce wealdienne.

Le passage de ces dépôts aux formations marines bien datées du Crétacé inférieur de la province de Santander m'a permis de fixer leur place exacte dans la série stratigraphique.

La région la plus méridionale où affleure le Crétacé inférieur à faciès cantabrique est située à la limite des provinces de Burgos et de Santander, au Nord-Ouest d'Espinosa de los Monteros. M. Mengaud (1) en a partiellement étudié la constitution, sur le versant atlantique du Col de las Estacas de Trueba. En ce point, au-dessus d'une puissante série gréseuse, dont la partie inférieure lui a fourni, près de Vega de Paz, des Paludines wealdiennes, il a observé successivement :

a. Premier niveau argilo-gréseux à Orbitolines (*O. conoidea-discoidea*).

b. Grès stériles.

c. Première barre marno-calcaire à Réquiénidés et Polypiers, d'une épaisseur de 8 à 10^m.

d. Série argilo-gréseuse sans fossiles.

e. Deuxième niveau à Orbitolines (formes voisines des Orbitolines de la Chartreuse).

f. Deuxième barre calcaire, plus épaisse que la première et très riche en *Pseudotoucasia santanderensis*, *Polyconites Verneuili* et Polypiers.

g. Grès micacés (cayuelas) stériles, affleurant au niveau du Col.

J'ai retrouvé ces divers niveaux au Nord-Est du Col, sur le versant septentrional du Castro de Valnera, ainsi qu'au Sud-Ouest, où une faille les a remontés d'environ 50^m.

Mais la série ne se limite pas à ces assises. L'étude du massif du Castro et de la vallée du Rio Trueba m'a montré qu'au-dessus des cayuelas du Col, il existe :

h. Des marnes de couleur noire ou gris foncé, tantôt feuilletées, tantôt compactes, d'une épaisseur d'environ 200^m, et dans lesquelles j'ai recueilli des restes de *Douvilleiceras* ainsi que : *Neohibolites aptiensis*, *Plicatula placunea* mut. *radiola*, *Exogyra latissima* et en abondance, à leur partie supérieure, des Orbitolines.

---

(1) *Recherches géologiques dans la région cantabrique*, Thèse, Paris, 1920, p. 112.

Ces marnes sont à ranger dans le Bedoulien supérieur.

i. Une série de composition variable suivant les points, comportant surtout des assises gréseuses, mais aussi quelques bancs de calcaire gréseux. Les Orbitolines y sont abondantes dans différents niveaux.

j. Deux masses de calcaire à Rudistes de plus de 100^{m} d'épaisseur chacune, séparées par des grès d'une puissance au moins égale. La masse inférieure forme les grands entablements du Castro de Valnera et m'a donné, vers le sommet, de beaux échantillons de *Pseudotoucasia santanderensis* et de *Polyconites Verneuilli*. La masse supérieure affleure au Sud-Est de la précédente; elle traverse la vallée du Rio Trueba à la hauteur du hameau de Las Machoras. Ici encore, les Orbitolines abondent à différents niveaux. J'attribue cet ensemble au Gargasien.

k. Un puissant complexe argilo-gréseux, très voisin de constitution des dépôts à facies wealdien de la base. Il passe à sa partie supérieure, près d'Espinosa de los Monteros, à des grès à grandes Orbitolines (*O. aperta*) du Cénomanien. Stratigraphiquement, il correspond aux couches gréseuses sus-aptiennes de la province de Santander, que M. Mengaud a rapportées à l'Albien.

Vers l'Ouest, ces divers niveaux s'amincissent et passent par indentation à des grès à faciès wealdien, dans lesquels ils s'éteignent complètement.

Les niveaux inférieurs *a*, *c*, *e*, *f* disparaissent les premiers, à faible distance du Col de las Estacas de Trueba. Les marnes à *Douvilleiceras* persistent plus longtemps; elles se retrouvent encore sur les pentes Nord du Pic de la Engaña, mais pas au delà. Les calcaires à Rudistes, notamment ceux de Las Machoras s'amincissent rapidement, et déjà sur le versant méridional de la vallée du Rio Trueba présentent de nombreuses intercalations gréseuses. Au Sud et au Sud-Ouest du Pic de la Engaña dont ils forment le sommet, ces calcaires ne subsistent plus que sous la forme de lentilles intercalées dans des grès, et dont la plus occidentale est située près de Robredo de las Pueblas, au kilomètre 209 de la voie ferrée de La Robla. Suivant le méridien du Col de l'Escudo, à moins de 15^{km} à vol d'oiseau du Col de las Estacas de Trueba, toute trace de ces calcaires et des marnes noires sous-jacentes a disparu. La route de Vega de Paz à Cabañas de Virtus traverse exclusivement une puissante et monotone série de grès à faciès wealdien.

Vers l'Est par contre, l'étude de ces mêmes niveaux montre un beau développement des calcaires à Rudistes, en particulier des Calcaires de Las Machoras. On observe de plus, dans la haute vallée du rio Gandara, le passage de la série sus-aptienne *k* à des marnes noires, probablement albiennes, du type de celles de Bilbao.

En résumé, *la région de la haute vallée du Rio Trueba et des massifs du Castro de Valnera et de la Engaña montre une série mixte*. Celle-ci comporte : à sa base des grès à faciès wealdien, puis des calcaires urgoniens accompagnés de niveaux à Orbitolines; enfin, à sa partie supérieure, de nouveaux grès à faciès wealdien, surmontée eux-mêmes de Cénomanien à grandes Orbitolines.

Vers l'Ouest toute la série prend jusqu'au Cénomanien exclus, le faciès wealdien. Vers l'Est au contraire, le caractère marin s'accentuant, *le faciès wealdien ne subsiste plus que sous les dépôts urgoniens, tandis qu'au-dessus s'introduisent progressivement des marnes noires, albiennes (?), qui passent à celles de Bilbao.*

GÉOLOGIE. — *Sur la présence du Jurassique moyen (Dogger) dans la Nappe de l'Ubaye au Nord de la vallée de Barcelonnette (Alpes françaises).* Note de M. **D. Schneegans**, présentée par M. Ch. Jacob.

Au Sud de la vallée de Barcelonnette, M[me] Y. Gubler a décrit plusieurs affleurements fossilifères de Bathonien, dans la Nappe de l'Ubaye. Dans le Massif du Morgon, par contre, le Dogger n'avait pas encore été signalé jusqu'à présent. Au cours de mes recherches dans cette portion de la Nappe de l'Ubaye, j'ai reconnu un ensemble de calcaires et de brèches du Dogger, dont j'ai pu préciser la stratigraphie.

J'avais observé, lors de mes premières courses, deux séries de calcaires oolithiques gris, séparées par une brèche bathonienne à *Rhynchonella Hopkinsi* M'Coy. Dans mes dernières explorations, j'ai pu établir que les calcaires oolithiques inférieurs devaient être rapportés au Bajocien inférieur, tandis que ceux du sommet, débutant par un faciès de transgression, appartiennent au Bathonien.

Dans les écailles inférieures du Morgon, celles qui dominent Champcontier et Costeplane, les calcaires bajociens seuls existent. Au-dessus des calcaires marneux de l'Aalénien (s. str.), qui appartiennent lithologiquement au Lias, vient un banc de 5^{m} d'épaisseur d'un calcaire gris, par places oolithique, dans lequel j'ai trouvé, à l'Ouest du chemin de Campcontier au Vallon, vers 1400^{m} d'altitude, un niveau à fossiles silicifiés. Parmi les Ammonites qui abondent dans ce gisement, j'ai recueilli entre autres : *Sonninea propinquans* Bayle, *S. subspinosa* Buckm., *Graphoceras limitatum* Buckm., *Braunsina futilis* Buckm., *Haplopleuroceras mundum* Buckm. Cette faune contient à la fois des espèces de la zone à *H. concavum* de l'Aalénien supérieur et d'autres de la couche à *Witchellia* du Bajocien inférieur. Ce niveau n'était pas connu jusqu'à présent dans les zones internes des Alpes françaises. J'ai retrouvé plusieurs gisements de ce lit fossilifère contenant des Polypiers, des Hydrozoaires, des Crinoïdes (*Apiocrinus*) et quelques Lamellibranches. Dans les écailles du Plateau du Morgon entre la Gourette et le Lac du Morgon, j'ai rapporté au Bajocien

les calcaires oolithiques inférieurs, qui sont généralement dépourvus de fossiles. Le sommet de ces calcaires est marqué par un *hard ground* ou une surface d'émersion. Tandis que dans les écailles de Champcontier, j'ai observé une lacune stratigraphique correspondant au Bajocien moyen et supérieur ainsi qu'à tout le Bathonien, les écailles supérieures et la base de la partie frontale du Morgon offrent un beau développement de ce dernier terrain.

Une brèche de teinte rousse à grosses Rhynchonelles, identique à celle que Mme Gubler m'a montrée dans les environs du Lac d'Allos, existe dans les écailles du Trou du Duc et celles qui s'échelonnent entre le Vallon et le Pic des Chalanches. Elle contient *Rhynchonella Hopkinsi* M'Coy, *R. decorata* Schlot, *R. sublacunosa* Szaj., *R. Bradfordiana* Rol., *R. plicatilis* Szaj. non Sow., *Pteroperna costulata* Sow., *Pecten lens* Sow., etc. Sur le versant droit du Ravin de l'Enfer, non loin des chalets de la Gourette, j'ai trouvé des schistes charbonneux présentant le faciès et la faune des couches à *Mytilus* des Alpes vaudoises. J'y ai recueilli de nombreux échantillons de *Mytilus imbricatus* Sow. ainsi que *M.* cf. *laitmairensis* de Lor., *Pecten lens* Sow., *Ceromya wimmisensis* Gill. var. *obtusa* Gerb., *Nerinea bathonica* var. *scalariformis* Cossm., *Sphæriola Madridi* d'Arch, etc. Ce niveau, qui caractérise le Bathonien inférieur et moyen, passe latéralement aux brèches à Rhynchonelles. Au-dessus de ces dernières viennent les calcaires oolithiques supérieurs avec 20 à 30^m de puissance, dans lesquels les fossiles sont très rares. Le sommet de l'escarpement rocheux que forment ces calcaires est occupé par des calcaires marneux gris ou noirs qui m'ont fourni, dans trois gisements (arête Nord-Est du Morgon, Nord-Est du Vallon, bassin supérieur du torrent de la Blache), la faune que Mme Gubler a découverte dans l'arête des Graux, près du Lac d'Allos, et qu'elle a attribuée au Callovien inférieur. A côté de plusieurs *Perisphinctes*, *Phylloceras* et de *Hecticoceras retrocostatum* de Gros, j'ai recueilli *Œcotraustes serrigerus* Waag et *Stepheoceras Ymir* Opp., espèces caractéristiques du Bathonien. Il s'agit certainement d'un dépôt contemporain du niveau à *H. retrocostatum* de Lissajous (Bathonien supérieur). Au Nord-Est du Vallon, comme dans l'arête des Graux, j'ai pu reconnaître, au-dessus de la couche à Ammonites, un horizon à *Ctenostreon Hecton* d'Orb. J'ai suivi les affleurements de calcaires du Dogger dans la cicatrice de Jausiers et dans celle de l'Escouréous, jusqu'au-dessus des Orres. Dans le pli couché du Caire, le Dogger tout entier se présente sous un faciès bréchique. Dans toutes les écailles du Massif du Morgon, comme

celles du Vallon d'Ancelle récemment découvertes par MM. Gignoux et Moret, le Dogger est recouvert par les schistes calcaires à *Cancellophycus* qui annoncent le retour d'une sédimentation vaseuse en marge du géosynclinal dauphinois.

GÉOLOGIE. — *Existence du Géorgien dans les Monts de Lacaune.* Note de M. **Marcel Thoral**, présentée par M. Ch. Jacob.

Depuis les travaux de Bergeron, les géologues désignent sous le nom de Montagne-Noire le vaste anticlinorium de terrains paléozoïques situé au Sud du Massif central. Les Monts de Lacaune en forment la partie Nord-Est. Sur le versant méridional de la Montagne Noire s'observe la série complète des terrains primaires, du Cambrien au Permien; seul le Westphalien manque. Sur le versant septentrional ne sont connus, à ce jour, que le Cambrien, l'Ordovicien inférieur, le Gothlandien, le Stéphanien et le Permien.

La découverte de Trilobites [1] des genres *Olenopsis* et *Blayacina* dans les Grès de Marcory a apporté la preuve paléontologique de l'existence du Géorgien sur le versant méridional de la Montagne Noire et confirmé l'âge acadien inférieur attribué aux calcaires à *Archæocyathus* qui les surmontent.

Dans les Monts de Lacaune, la présence du Géorgien à la base de la série paléozoïque était pressentie mais non démontrée : M. Albert Michel-Lévy [2] a signalé, au Col de Layrac, des arkoses qui « rappellent les arkoses géorgiennes de Marcory »; moi-même [3], j'ai indiqué l'existence de grès analogues.

Mes recherches en 1932 me permettent d'affirmer l'existence du Géorgien fossilifère dans les Monts de Lacaune.

Près de Mélagues, Aveyron (Sud de la Feuille de Saint-Affrique), on observe une puissante série de calcaires dolomitiques, reposant en concordance sur des grès arkosiques et constituant, notamment, la colline cotée 886 au Nord-Est de Mélagues.

L'âge acadien inférieur des calcaires est certain; au toit de la formation,

---

(1) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1250; et *B. S. G. F.*, 5e série, **1**, 1931, p. 517.
(2) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1366.
(3) *Ibid.*, **194**, 1932, p. 1671.

ils passent à des calcschistes à amandes calcaires renfermant une riche faune (Thoral, *loc. cit.*) caractérisée par *Paradoxides mediterraneus*, *Conocoryphe Heberti*, *Acrothele Bergeroni*, etc. Dans les calcaires dolomitiques, se voient de nombreuses cavités coniques qui correspondent vraisemblablement à des moules externes d'*Archæocyathus*; d'ailleurs, entre le Fau et Albes (Feuille de Bédarieux), j'ai recueilli des *Coscinocyathus* voisins de ceux que G. Bornemann ([1]) a décrits de Sardaigne.

Sur le flanc Nord de 886, on observe la succession suivante, au contact des calcaires et arkoses :

1. Dolomies grises en bancs épais.
2. Calcaires dolomitiques en petits lits de 2 à 3^cm.
3. Grès siliceux brun violacé (5^cm), puis brun rouille (50^cm).
4. Calcaire dolomitique (20 à 30^cm).
5. Grès violacé (10 à 16^cm), puis arkoses gris rosé, piquetées de taches limonitiques (2 à 5^m).
6. Grès verts, fins, de plus en plus micacés à mesure qu'on s'éloigne des calcaires.

Les grès 5 sont identiques d'aspect aux grès de Marcory; en plaque mince, on y voit les mêmes éléments : grains de quartz, feldspaths clastiques assez abondants (oligoclase, microline), mica détitrique (rare), limonite abondante en traînées irrégulières, enfin un peu de ciment phylliteux.

Ces arkoses sont fossilifères. J'ai découvert, sur la coupe même ci-dessus, des débris de plèvres de Trilobite. Plus au Sud, sur le chemin de Méjanel, j'ai recueilli une tête de Trilobite identique à celle de *O. Thorali* du Pardailhan. De même que sur le versant méridional, les fossiles se rencontrent au toit de la formation gréseuse; ils sont à l'état de moules internes et externes, saupoudrés de terre limonitique; lorsqu'ils ont disparu par altération, la roche est trouée.

L'existence du Géorgien dans les Monts de Lacaune est donc prouvée tant par la Stratigraphie que par la Paléontologie.

Des arkoses analogues se retrouvent sous les calcaires de la falaise du Moulin d'Olquets et au Nord du Fau; mais je n'ai pu y découvrir de fossiles. Je les range cependant dans le Géorgien car, comme à Mélagues, elles sont subordonnées aux calcaires de l'Acadien inférieur. Il en est de même pour celles signalées par M. Michel-Lévy (*loc. cit.*) au Col du Layrac.

([1]) *Nova Act. Kais. Léop. Carol. deutsch. Akad. Naturf.* Halle, 51, 148 p., 33 pl., 1886; 56, p. 428-528, pl. XIX-XXVIII, 1891.

Elles sont surmontées par des calcaires à *Archæocyathus*, et de plus, entre les fermes de Marçou et du Gasquet, j'ai découvert dans ces calcaires de petits fossiles : *Hyolithes* sp., *Volborthella?* et de minuscules Brachiopodes.

En résumé, les calcaires dolomitiques de l'Acadien inférieur qui constituent l'ossature des Monts de Lacaune renferment une faune comparable à celle bien connue des calcaires à *Archæocyathus* de Sardaigne. *Ils reposent en concordance sur des arkoses ferrugineuses à Olenopsis d'âge géorgien.*

L'identité de faciès des dépôts cambriens sur les deux versants de la Montagne Noire est donc complète.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Relation entre les variations diurnes du courant tellurique et du champ magnétique terrestre.* Note (¹) de M. **David Stenquist**, présentée par M. H. Deslandres.

En employant les observations de Sodankyla, de Lund, de Paris, de Tortosa et de Batavia (²), j'ai dessiné les courbes de la figure 1 qui donnent les variations ΔN et ΔE du courant tellurique pendant les jours calmes. A peu près à midi, $\Delta N = 0$ (plus tôt, $\Delta N < 0$; plus tard, $\Delta N > 0$). A midi, $\Delta E < 0$ pour Sodankyla, Lund et Paris; $\Delta E > 0$, au contraire, pour Tortosa et Batavia. Par conséquent, un pôle Nord de la variation diurne est à midi entre les latitudes de Paris et de Tortosa à un point $\Delta N = 0$ et $\Delta E = 0$.

Ce pôle Nord se montre plus nettement sur la figure 2; à la partie supérieure, la courbe qui donne arc tang $\Delta N/\Delta E$ en fonction de l'heure, montre les directions du courant tellurique. Si l'on compare cette figure à celle qui donne la variation diurne du magnétisme terrestre (ΔZ) pendant les jours calmes, d'après Chapman (³), on voit directement la ressemblance. Le pôle Nord de la variation diurne du magnétisme coïncide à peu près avec le pôle Nord de la variation diurne du courant tellurique. Les deux tourbillons ont le même axe et la même direction de rotation.

(¹) Séance du 9 janvier 1933.

(²) Stenquist, *Terr. Magn.*, 1931, p. 105; Rougerie, *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 1465; *Boll. Obs. Ebro*, Volume entier de 1921; Van Bemmelen, *Proc. Akad. d. van Wetenschappen*, Amsterdam, 1908, p. 242, 512, 782.

(³) Nippoldt, Karanen, Schweidler, *Einführung in der Geophysik*, **2**, p. 114, fig. 55. Berlin, 1929.

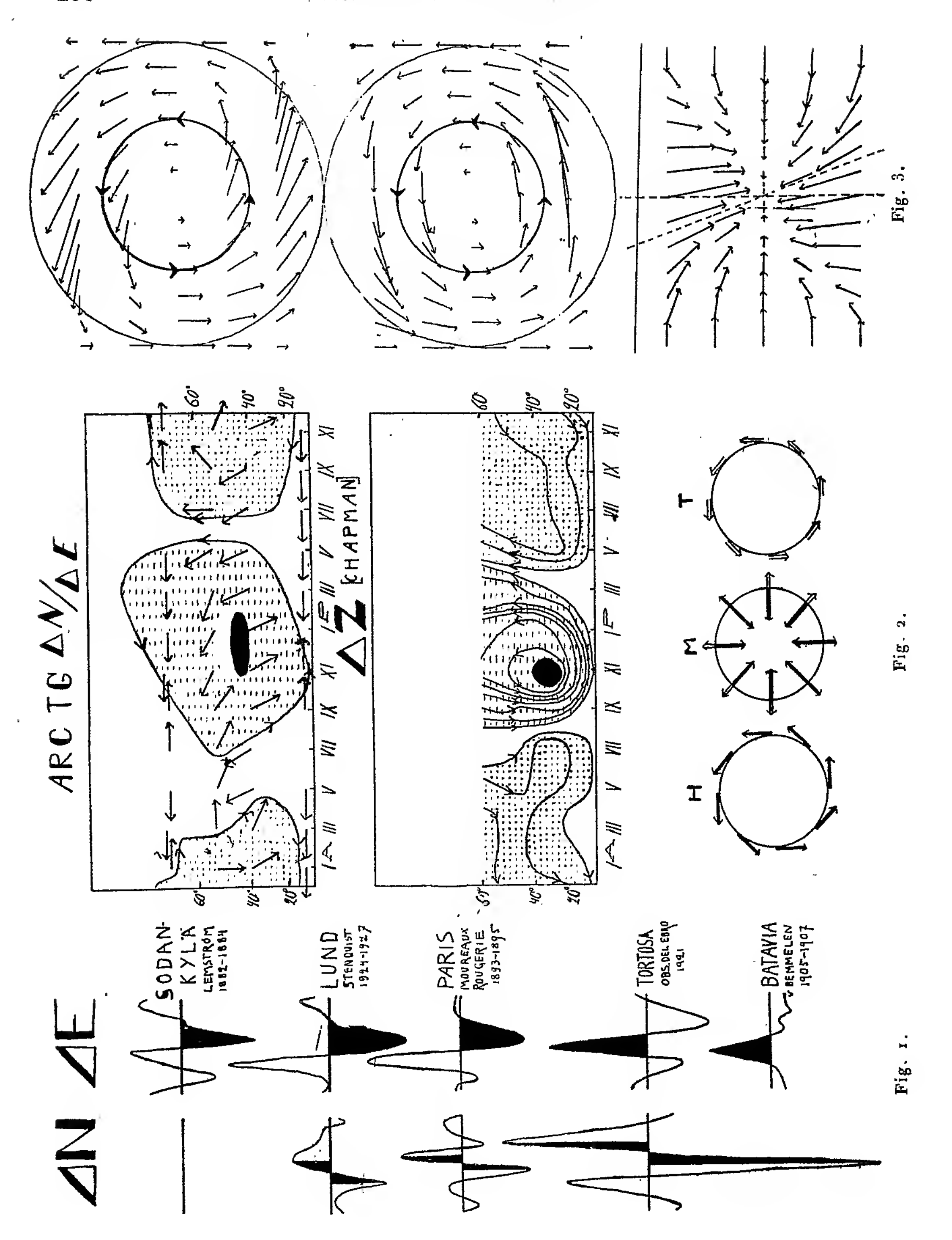


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Si le point ($\varphi = \varphi'$, $\lambda = \lambda'$), où l'axe commun coupe la surface de la Terre, est l'origine d'un système de coordonnées, avec des axes le long des lignes de longitude et de latitude, on a : $\varphi > \varphi' : \Delta X < 0$, $-\Delta X$ max. pour $\lambda = \lambda'$, $\Delta E < 0$, $-\Delta E$ max. pour $\lambda = \lambda'$; $\varphi < \varphi' : \Delta X > 0$, ΔX max. pour $\lambda = \lambda'$, $\Delta E > 0$, ΔE max. pour $\lambda = \lambda'$; $\lambda > \lambda' : \Delta Y < 0$, $\Delta N > 0$; $\lambda < \lambda' : \Delta Y > 0$, $\Delta N < 0$.

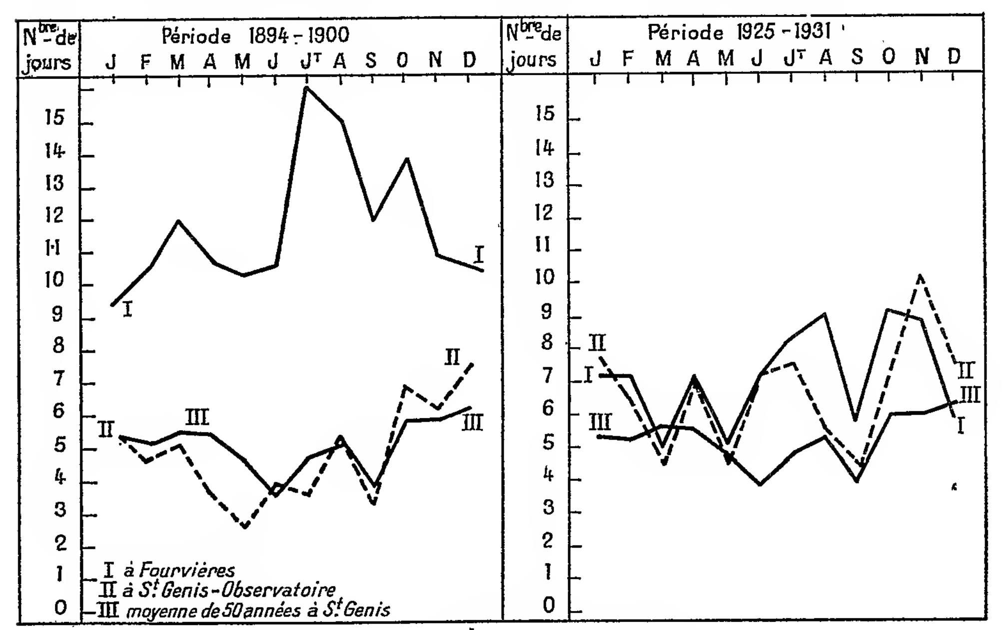
Quoique le vecteur de la variation diurne du magnétisme terrestre soit perpendiculaire à la direction du courant tellurique, la loi d'Ampère ne s'applique pas. La direction est exacte, mais le sens est l'inverse de ce qu'il devrait être. Le courant tellurique diminue un peu le vecteur magnétique et les courants qui sont la cause du vecteur magnétique sont situés au-dessus des aiguilles magnétiques. A la partie inférieure de la figure 2, la figure H représente les courants dans les couches de Heaviside; T représente les courants telluriques et M les forces magnétiques. Les courants dans les couches d'Heaviside dominent pendant les jours calmes, et les aiguilles magnétiques dévient, en vertu de la loi d'Ampère, dans la direction que ces courants demandent. Il en est autrement pendant les orages magnétiques. Alors les courants telluriques dominent et les aiguilles magnétiques dévient, en vertu de la loi d'Ampère, dans la direction que ces courants inférieurs demandent (Airy, 1868; J. Bosler, 1912).

ΔE, ΔN, ΔX et ΔY n'ont pas toujours les zéros et les maxima qu'on a supposés plus haut (Steiner, 1908). La figure 3 représente un autre cas. La partie supérieure représente le tourbillon du courant tellurique et les deux autres le tourbillon magnétique. Dans chaque tourbillon sont tracées cinq lignes de latitudes équidistantes. Pour ce qui concerne l'origine (le centre du tourbillon) on a : $\Delta N = c\Delta Y$, $\Delta E = \Delta X = 0$. Pour les lignes les plus extérieures $\Delta N = cd(\Delta Y)/d\lambda$, $\Delta E = c_{11}\Delta X$. Pour les deux lignes intermédiaires, la différence de phase entre ΔN et ΔY égale 45° et $\Delta E = c_{111}\Delta X$. Dans ce cas aussi, le tourbillon du courant tellurique et le tourbillon magnétique ont même direction de rotation.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la transparence de l'atmosphère dans la région lyonnaise : la visibilité des Alpes*. Note [1] de M. **Ph. Flajolet**, présentée par M. Ch. Fabry.

Dans une Note récente, M. André Allix, discutant des observations de la visibilité des Alpes faites à l'Observatoire de Fourvière, conclut à un obscurcissement progressif de l'atmosphère lyonnaise depuis 30 ans [2].

Il est intéressant de comparer aux observations de Fourvière celles de



Visibilité moyenne des Alpes

Fig. 1.

l'Observatoire de Saint-Genis-Laval, faites à la même altitude, 8km environ plus au Sud.

Les courbes I et II de la figure 1 représentent la fréquence des cas de visibilité des Alpes, notées respectivement à Fourvière et à Saint-Genis-Laval, pendant les deux périodes 1894-1900 et 1925-1931, seules retenues par M. Allix. Pour la période la plus récente, les graphiques relatifs aux deux

(1) Séance du 9 janvier 1933.

(2) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1301.

stations diffèrent très peu. Bien que les Alpes soient vues de Saint-Genis-Laval plus dégagées des fumées de l'agglomération lyonnaise, la concordance est excellente, surtout pendant les mois d'hiver.

Pour la période la plus ancienne, au contraire, les cas de visibilité notés à Fourvière sont deux à trois fois plus nombreux qu'à Saint-Genis. Il est probable qu'à cette époque les observations n'étaient pas faites dans des conditions comparables aux deux stations (1). A Saint-Genis, les observations, faites depuis le début à des heures fixes, en même temps que les

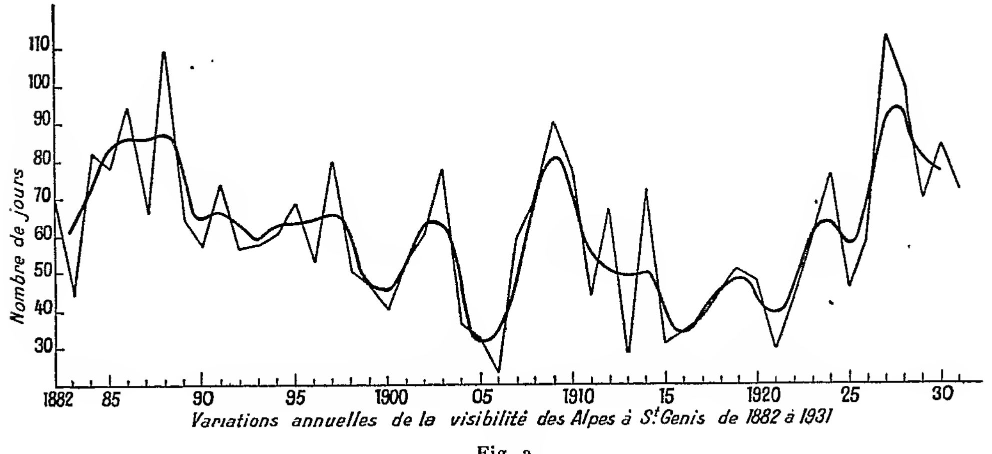


Fig. 2.

observations météorologiques courantes, offrent de sérieuses garanties d'homogénéité.

Les courbes III de la même figure représentent la moyenne mensuelle des fréquences observées à Saint-Genis pendant cinquante années consécutives (de 1882 à 1931). Elle indique une variation saisonnière analogue à celle que M. P. Chofardet a constatée à Besançon (2). On remarquera que la visibilité notée à Saint-Genis de 1894 à 1900 diffère peu de la valeur moyenne tandis que de 1925 à 1931 elle est nettement supérieure à celle-ci. Ainsi, si l'on s'en tenait aux deux périodes de 7 ans envisagées par M. Allix, on conclurait, d'après les observations de Saint-Genis, à une augmentation de la transparence atmosphérique.

Il convient en réalité d'examiner la série entière des observations effec-

(1) On arriverait par exemple à des fréquences beaucoup plus élevées en notant la visibilité avant le lever du Soleil.

(2) *Bulletins météorologiques*, 43 à 47 : années 1927 à 1931. Besançon, 1932.

tuées depuis 50 ans. La figure 2 représente la fréquence annuelle des cas de visibilité notés à Saint-Genis de 1882 à 1931. Elle varie d'une manière assez irrégulière d'une année à l'autre, mais il est impossible de conclure, d'après cette courbe, soit à un éclaircissement soit à un obscurcissement progressif de l'atmosphère de la région.

Au surplus, la visibilité des Alpes ne paraît guère susceptible d'être influencée par l'abondance plus ou moins grande des fumées. Le plus souvent, les Alpes sont visibles de Lyon lorsque le vent du Sud balaie la vallée du Rhône et nettoie l'atmosphère en entraînant poussières et fumées.

BOTANIQUE. — *Action indirecte des traumatismes sur l'évolution de l'appareil conducteur.* Note de Mlle **Madeleine Fourcroy**, présentée par M. Molliard.

Les lésions de la racine, accidentelles ou provoquées, ont déjà été l'objet d'un certain nombre de Mémoires. En particulier, A. Dauphiné (1) a montré que la connaissance des lois de l'évolution vasculaire permet une interprétation rationnelle des anomalies : en règle générale, les traumatismes du méristème terminal provoquent des phénomènes d'accélération précise dans l'évolution des éléments vasculaires. Lorsque le traumatisme, plus ou moins directement, intéresse l'appareil conducteur, une racine ne présente jamais la même structure qu'une racine normale de même âge, considérée à un niveau comparable : elle en diffère soit par un développement plus rapide des éléments du xylème, toutes les phases évolutives étant représentées, soit par une suppression de certaines de ces phases accompagnée de la différenciation d'éléments qui seraient apparus plus tard dans une évolution normale, ceci lorsque le traumatisme a entraîné la destruction d'éléments méristématiques destinés à donner les phases primitives de l'évolution vasculaire.

Le phénomène nouveau qui fait l'objet de la présente Note consiste dans la possibilité de constater les deux réactions, suppression de phases et accélération, sans que le traumatisme ait directement intéressé les éléments destinés à constituer l'appareil conducteur des convergents envisagés.

Ces résultats ont été acquis à la suite d'examen de racines de *Faba vulgaris* et de *Lupinus albus*, dont le sommet végétatif avait été piqué trans-

(1) *Bull. Soc. Bot. de France*, 69, 1922, p. 385.

versalement à l'aide d'une fine aiguille, piqûres relativement peu profondes, n'intéressant au maximum qu'un faible secteur du cylindre central. Dans la plupart des cas, les groupes vasculaires non directement atteints présentaient des phénomènes d'accélération évolutive.

C'est ainsi que, l'aiguille ayant pénétré dans le méristème correspondant aux premiers vaisseaux alternes d'un convergent, dans une racine à quatre convergents par exemple, nous retrouvons localement les destructions directes d'éléments et la différenciation de vaisseaux qui seraient apparus plus tard dans une évolution normale. Mais, sans que la lésion ait intéressé d'autres éléments, les deux convergents situés à droite et à gauche du premier sont plus avancés au point de vue évolutif que le quatrième. Ce dernier, diamétralement opposé au convergent atteint, n'a subi aucune influence; il présente la phase alterne complète et, de part et d'autre, un ou deux vaisseaux intermédiaires. Les xylèmes des deux convergents les plus proches du convergent lésé sont remarquables : 1° par la non différenciation de presque tous les vaisseaux de la phase alterne qui n'est représentée que par les derniers éléments centripètes; 2° par la présence, à droite pour l'un, à gauche pour l'autre, de vaisseaux intermédiaires et superposés primaires, précocement différenciés. Ce phénomène entraîne une dissymétrie des éléments du xylème, manifestement en relation avec le trouble : c'est vers la région traumatisée que, pour l'un et l'autre des convergents, sont apparus hâtivement des éléments superposés dont les homologues vers la région saine ne sont même pas en voie de différenciation.

Des faits analogues se produisent dans les xylèmes de deux convergents adjacents dont le phloème est atteint par une lésion. Il arrive souvent dans ce cas, que les vaisseaux superposés de droite de l'un rejoignent les vaisseaux superposés de gauche de l'autre, et qu'un arc de xylème superposé au phloème lésé se constitue prématurément. Cet arc de xylème superposé, formé hâtivement, se produit avec grande fréquence en face du phloème diamétralement opposé à un convergent détruit : il suffit que le traumatisme se soit fait sentir assez profondément dans la stèle. Quand la lésion est restée superficielle, n'atteignant que l'écorce par exemple, le convergent le plus proche est seul à présenter une accélération vasculaire notable ; à distance, l'accélération s'affirme donc d'autant plus que les éléments sont plus proches des tissus mortifiés.

En résumé, et sans qu'il nous soit actuellement possible d'émettre une hypothèse sur le mécanisme intime des phénomènes, le traumatisme peut

exercer à distance sur les tissus jeunes une double action : inhibitrice pour la différenciation des éléments destinés à former les premiers vaisseaux, accélératrice pour l'apparition des éléments des phases ultérieures, action tout à fait comparable à celle de l'accélération embryogénique normale de l'appareil conducteur.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Mise en évidence du gradient axial chez les Infusoires ciliés par photolyse à l'aide des rayons ultraviolets.* Note de M. **Jacques Monod**, présentée par M. M. Caullery.

Différentes méthodes ont permis à Child et à ses élèves de mettre en évidence, chez beaucoup d'organismes, une véritable polarité physiologique : c'est le « gradient physiologique » de Child, ce terme mathématique exprimant qu'il s'agit de différences d'intensité dans le métabolisme graduées suivant un axe. Pour Child, le « pôle dominant » de ce gradient est aussi le plus rapidement détruit par les agents chimiques capables de provoquer la cytolyse. De là, la méthode de « susceptibilité différentielle chimique », qu'il a le plus souvent employée. Beaucoup d'auteurs ont fait remarquer, cependant, que les différences de susceptibilité aux agents chimiques pourraient n'être que l'expression de différences de perméabilité de la surface externe de l'organisme. Il resterait à montrer que le gradient de perméabilité ainsi mis en évidence est lui-même le signe d'une différenciation physiologique plus profonde.

Dans plusieurs cas, pourtant, d'autres méthodes sont venues vérifier les résultats fournis par la susceptibilité chimique différentielle. Mais il est encore des groupes où seule la méthode de Child a pu être employée : c'est le cas des Infusoires (¹). C'est pourquoi il nous a paru intéressant de vérifier les résultats de Child sur ces animaux par une autre méthode, où intervienne aussi la susceptibilité différentielle, mais d'où le facteur de perméabilité chimique soit éliminé. Nous nous sommes adressé, pour cela, à l'action cytolysante des rayons ultraviolets (²).

La source ultraviolette était un arc au mercure fonctionnant à 3 ampères

(¹) Child (*J. Exp. Zool.*, **36**, 1919, p. 133-147) a aussi employé une méthode de coloration au permanganate qui n'échappe pas à l'objection citée plus haut.

(²) Méthode déjà utilisée par Hinrichs (*J. Exp. Zool.*, 47, 1927, 309-347) sur *Fundulus*, *Arbacia*, et les embryons de poulets.

sous 120 volts. Les Infusoires étaient irradiés à travers une lame de quartz placée sur la platine d'un microscope dont le condensateur était retiré, et le miroir recouvert d'une feuille de papier d'étain, servant de surface réfléchissante. La durée de l'irradiation était de 15 à 45 minutes.

Nos expériences ont porté sur quatre genres d'Infusoires également employés par Child : *Paramaecium*, *Vorticella*, *Stentor*, *Spirostomum*. Disons tout de suite que les figures de cytolyse ainsi obtenues sont identiques à celles de Child :

a. Chez les Paramécies, le gradient axial n'est pas très net, comme Child l'a du reste signalé. On observe, comme avec les agents chimiques, la formation de grosses vésicules hyalines au niveau des vacuoles pulsatiles, surtout de la vacuole antérieure. La cytolyse totale intervient de 20 à 30 minutes après la formation des vésicules. Elle débute antérieurement et se propage presque instantanément jusqu'à l'autre pôle.

b. Les Vorticelles sont très résistantes à l'action des rayons ultraviolets, de même qu'aux poisons chimiques : on observe assez rapidement la formation de vésicules hyalines sur le péristome, ou encore un gonflement général de celui-ci. On ne saurait distinguer les figures obtenues de celles que produisent les poisons chimiques. Si l'intensité du rayonnement est suffisante, la cellule finit par se cytolyser entièrement, le processus commençant au pôle oral et allant très rapidement jusqu'à l'autre pôle.

c. Les Stentors sont moins résistants que les Vorticelles. Le gradient axial y est particulièrement net. Après quelques minutes d'irradiation, l'animal prend un aspect globuleux, le péristome est contracté. La désintégration commence au péristome et procède lentement jusqu'au pôle aboral. (Dans de rares cas, et Child l'a également vu, le pôle aboral se cytolyse avant que la vague de désintégration venant du péristome ne l'ait atteint).

A relever cependant que les cils cessent de battre avant que la région dont ils dépendent ne soit cytolysée, alors que, d'après Child, ils ne s'arrêtent qu'au moment où la désintégration les atteint.

d. Enfin, chez Spirostomum, Child signale un double gradient : 1° un gradient antéro-postérieur principal; 2° un gradient inverse partant de l'extrémité postérieure, et moins accentué. L'action des rayons ultraviolets les décèle l'un et l'autre avec une particulière netteté. Il se forme d'abord une traînée de gouttelettes protoplasmiques aux deux extrémités. La cytolyse est plus rapide à l'extrémité antérieure, et progresse vers le pôle postérieur. Le protoplasme finit par se dissoudre entièrement, mais le macronucleus offre une résistance extraordinaire et peut demeurer intact

pendant des heures, sous forme d'un chapelet de grains hyalins enroulé sur lui-même.

On voit que ces résultats confirment entièrement ceux de Child. Signalons également un curieux phénomène, que Child a observé aussi avec des agents chimiques : c'est le renversement du sens de la marche de l'animal, qui intervient quelques minutes après le début de l'irradiation, bien avant l'apparition de toute cytolyse. D'une constance absolue, cette inversion se maintient jusqu'à l'arrêt du mouvement chez *Stentor* et *Spirostomum*. Chez les Paramécies, la marche est plus désordonnée, l'animal irradié paraît ataxique, et nage par à-coups, le plus souvent en arrière, parfois en avant.

En résumé, les rayons ultraviolets ont sur les Infusoires une action cytolytique différentielle, identique à celle des poisons chimiques. Cela montre bien que la susceptibilité différentielle n'est pas seulement en rapport avec des différences de perméabilité, mais exprime la polarité physiologique fondamentale de la cellule.

BIOLOGIE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques phénomènes quasi-périodiques dans les bassins fermés.* Note de M. V. A. **Kostitzin**, présentée par M. J. Hadamard.

Dans une Note précédente (¹), j'étudie une application géologique de la méthode de M. Volterra. On pourrait étudier de la même façon la circulation d'un corps ou d'un groupe de corps chimiques.

Dans cet ordre d'idées, on peut trouver des matériaux abondants et des suggestions intéressantes dans l'Ouvrage de M. A. J. Lotka (²).

Dans la présente Note, je me propose de discuter le cas d'un bassin marin fermé communiquant avec d'autres bassins par des détroits conduisant l'eau de mer (avec les sels qui y sont dissous). Ce bassin étant peuplé d'organismes vivants, la décomposition des restes organiques produit une intoxication par l'acide sulfhydrique. Tel est le cas, par exemple, pour la mer Noire.

Soient x la quantité de soufre contenue dans cet acide sulfhydrique, et y celle contenue dans les êtres vivants. On peut traduire la circulation du

(¹) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1219-1922.

(²) *Elements of physical biology*, Baltimore, Williams and Wilkins, 1925.

soufre dans le bassin par les équations différentielles suivantes :

$$(1)\qquad x' = -\alpha x + \beta y - axy,$$

$$(2)\qquad y' = \gamma y - \beta y + axy - bxy - cy^2 = y[(\gamma - \beta) - (b - a)x - cy],$$

en désignant par $(-\alpha x)$ le soufre absorbé par le métamorphisme des sédiments ou éliminé du bassin par d'autres voies; par (βy) l'apport du soufre résultant de la décomposition organique; par $(-axy)$ le soufre récupéré de l'acide sulfhydrique par les êtres vivants; par (γy) le soufre emprunté par les êtres vivants à d'autres sources; par $(-bxy)$ l'action toxique de l'acide sulfhydrique; par $(-cy^2)$ l'action de la concurrence entre les êtres vivants.

Je ne vais pas discuter à fond les équations (1) et (2). Un seul cas m'intéresse spécialement : c'est celui de $\gamma - \beta > 0$, $b - a > 0$. Dans ce cas, le point positif (p, q) d'intersection des courbes

$$-\alpha x + \beta y - axy = 0, \qquad (\gamma - \beta) - (b - a)x - cy = 0$$

est un nœud quand $\alpha > 4(\gamma - \beta)$; c'est un foyer quand $\alpha < 4(\gamma - \beta)$ et

$$(3)\qquad q < \frac{2\sqrt{\alpha^2 ac + \alpha(\gamma - \beta)(a - c)^2} - \alpha(a + c)}{(a - c)^2}.$$

Admettons que c'est ce dernier cas qui a lieu. On a bien un processus quasi-périodique tendant vers un état limite stationnaire. Supposons maintenant qu'une partie ou la totalité de la population du bassin s'adapte à la vie dans ce milieu intoxiqué. On peut imaginer par exemple l'apparition de mutations mieux adaptées et l'élimination par le jeu de la concurrence des autres variétés. Dans ce cas, le coefficient de l'action toxique b diminue rapidement et par suite les coordonnées (p, q) de l'état stationnaire augmentent. On a donc un déplacement plus ou moins rapide de l'état de l'équilibre. Si le nouvel état d'équilibre vérifie aussi la condition (3), on aura de nouveau un processus quasi-périodique, etc. On aura comme résultat de cette quasi-périodicité intermittente, des séries de sédiments hétérogènes séparées par des couches plus ou moins homogènes.

On pourrait étudier de la même façon un cas plus compliqué en tenant compte du fait qu'une partie seulement des êtres vivants emprunte le soufre directement au milieu extérieur.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur les corrélations entre l'évolution des poids des nourrissons, et les propriétés électriques manifestées à leur niveau.* Note de M. F. **Vlès**, transmise par M. d'Arsonval.

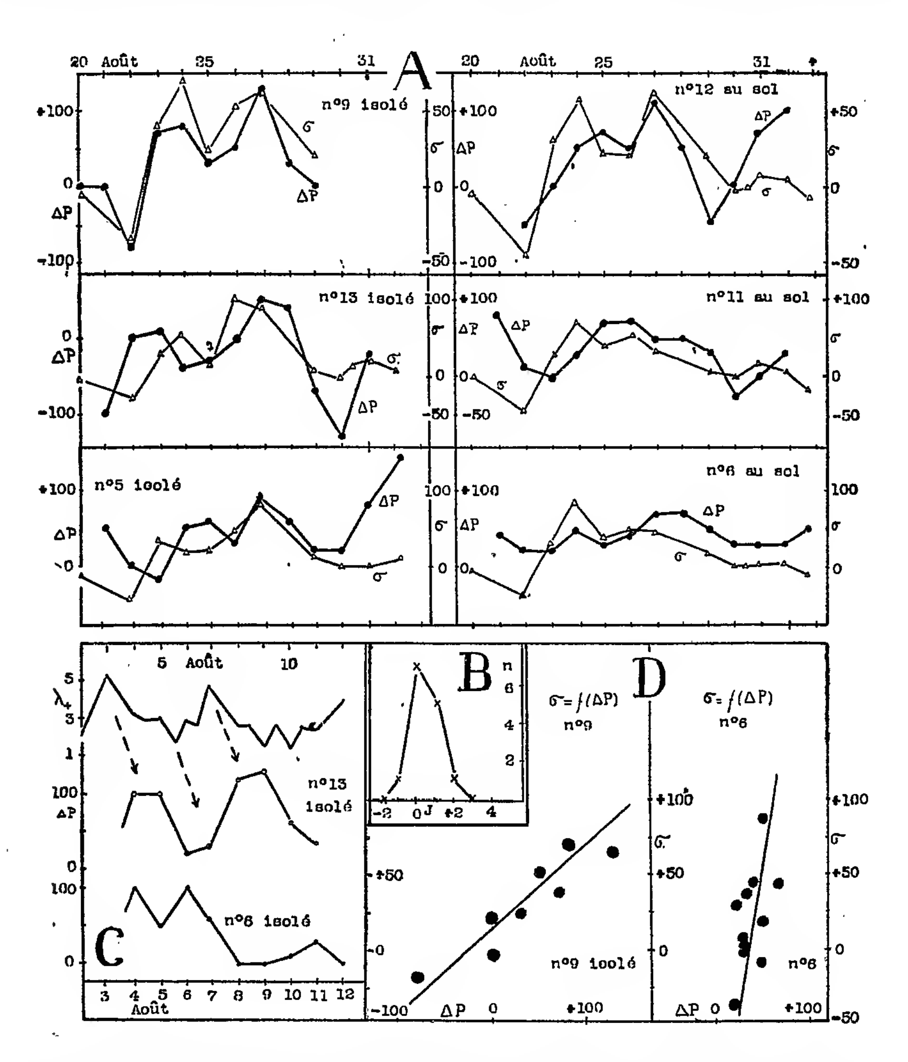
Dans les expériences précédemment rapportées ([1]) sur les différences de croissance des nourrissons en fonction de leur connexion au sol ou de leur isolement par rapport à celui-ci, on a cherché à connaître les différences de potentiel réalisées entre les enfants et le sol ou, pour les enfants isolés, entre ceux-ci et le galon métallique entourant leur cheville. Les forces électromotrices des chaînes (mesurées au potentiomètre, l'un des contacts étant une électrode au calomel sur la peau) se sont montrées positives, de quelques centaines de millivolts; mais elles ont présenté en outre des variations journalières inattendues, d'apparence plus ou moins systématique, parallèles d'un enfant à l'autre, et pouvant aller jusqu'à l'inversion de signe; on a donc cru devoir les analyser de plus près. Les deux groupes isolés ou au sol ne paraissaient d'ailleurs pas, en première approximation, présenter de différences nettes à ce point de vue.

L'analyse du phénomène a été faite par une comparaison entre la dérivée ΔP des poids des enfants (différences de poids prises de deux en deux jours), la courbe de déperdition (conductances atmosphériques λ relatives obtenues à l'ionomètre) et la courbe des forces électromotrices E mesurées sur les chaînes.

I. Les courbes ΔP ont présenté, comme d'ordinaire, des oscillations séparées par quelques jours sans périodicité régulière, indiquant que la croissance de poids se fait par poussées; pour un certain nombre d'enfants, ces courbes de poussée ont présenté une ressemblance grossière avec les courbes de déperdition, en ce sens que la dérivée ΔP avait souvent une forte valeur peu après un maximum de conductance (*fig.* C), ceci tout au moins en période de forte déperdition; l'intervalle des maxima des deux systèmes présentait au polygone de fréquences, une forte prédominance pour 1 jour. Par contre, principalement en période de faible déperdition, diverses autres courbes de ΔP n'ont plus présenté de parallélisme avec λ, et des maxima de variation de poids n'ont suivi aucune ascension de la conductance; la relation qui était presque directe dans certaines circonstances est donc devenue tout à fait confuse dans d'autres.

([1]) F. Vlès, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 62.

II. Dans une comparaison des courbes des poids et de celles des forces électromotrices, l'accord a gagné en netteté, en ce que les maxima des



A. Graphiques superposés des dérivées de poids ΔP et des coefficients de circulation efficace σ (en unités relatives arbitraires) pour les six enfants simultanément en expérience, du 20 août au 2 septembre. — B. Polygone de fréquences des jours de retard J des maxima de ΔP sur les maxima de σ. — C. Comparaison d'une courbe de déperdition, λ_+ (×0,75) du 3 au 12 août 1932, avec deux graphiques de ΔP, l'un cadrant avec un retard (n° 13), l'autre ne cadrant pas (n° 6). — D. Répartition en zones linéaires des points $\sigma = f(\Delta P)$, pour deux enfants (n°s 9 isolé et 6 au sol).

forces électromotrices ont été le plus souvent, surtout dans les systèmes isolés, sensiblement en accord avec les maxima des courbes d'accroissement

de poids (avec un retard, établi au polygone de fréquences, de 0-1 jour). Cependant un graphique $E = f(\Delta P)$, s'il a montré, avec chaque enfant indépendamment, une légère croissance de E pour les fortes valeurs de ΔP, a cependant offert en outre des points discordants qui dépassaient la zone des erreurs estimées.

III. En combinant les deux variables précédentes dans le *coefficient de circulation efficace* qui avait servi pour l'étude des plantes, des cancers, etc., mis sous la forme $\sigma = E(1/\lambda - 1/\lambda_0)$, *on a obtenu des courbes dont le parallélisme avec la courbe des dérivées de poids était beaucoup plus approché* (*fig.* A); le décalage entre les maxima de σ et de ΔP, au polygone de fréquences, étant de 0 à 1 jour (*fig.* B).

En réalisant, d'autre part, pour chacun des enfants, le graphique de $\sigma = f(\Delta P)$, on a eu, dans plusieurs des cas, *des points représentatifs alignés en une zone rectiligne serrée* (*fig.* D); on reviendrait donc ici en première approximation, comme pour les plantes, à une fonction du type $\Delta P = A\sigma + B$, où les constantes A et B dépendraient de l'individu et des conditions extérieures générales ou particulières (alimentation, mise au sol, etc.). Cette liaison entre les poussées de poids des nourrissons et les facteurs électriques pose toute une série de problèmes sur les diverses relations partielles que rendent probables les données précédentes, entre λ, E et ΔP; il ne faut pas perdre de vue d'autre part qu'un facteur commun (variations du gradient du potentiel atmosphérique) pourrait toucher séparément plusieurs de ces variables.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Identification et oxydation biochimique de l'α-glucoheptulite.* Note de Mme **Y. Khouvine** et M. **G. Nitzberg**, présentée par M. G. Bertrand.

Par la réduction de l'α-glucoheptulose, G. Bertrand et G. Nitzberg [1] ont obtenu l'α-glucoheptite et, au lieu de la β-glucoheptite que laisse prévoir la théorie, un nouvel alcool, l'α-glucoheptulite dont la constitution n'a pu être encore complètement élucidée.

Nous avons préparé à nouveau ces alcools et nous pouvons confirmer l'individualité chimique de l'α-glucoheptulite.

---

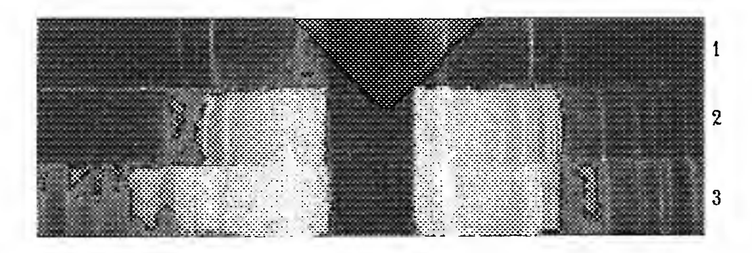
(1) *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1172 et 1773; *Bull. Soc. chim.*, 43, 1928, p. 663 et 1019.

Le point de fusion précédemment donné 144° au bloc Maquenne a été retrouvé.

L'épuisement fractionné par l'alcool à 80° à la température de 19° a montré que pour chaque fraction la solubilité est constante, égale à 1,38 pour 100 et que le point de fusion ne varie pas.

De plus l'étude des diagrammes de rayons X ([1]) nous confirme que l'α-glucoheptulite n'est pas un mélange contenant de l'α-glucoheptite ou de la β-glucoheptite.

Les photographies données ci-dessous le prouvent, ainsi que la valeur des angles 4θ correspondant à la distance de deux raies symétriques.



1, α-glucoheptite; 2, α-glucoheptulite; 3, β-glucoheptite.

Valeurs des angles 4θ calculés pour les raies les plus intenses.

α-gluco-heptite.	α-gluco-heptulite.	β-gluco-heptite.	α-gluco-heptite.	α-gluco-heptulite.	β-gluco-heptite.
18°,6	18°,2	18°,9	51°,6	–	50°,5
19,6	–	–	–	–	52,1
–	21,2	–	53,4	–	53,4
–	32	36	–	55,5	55,7
–	37	37,1	–	60,2	–
–	–	37,5	–	62	62,9
38,6	–	–	–	63,5	–
39,9	–	39,6	65,6	–	–
–	–	41,1	67,9	67,2	68
–	42,7	42,5	–	70,2	70
–	–	43,6	74,6	–	–
–	44,1	44,9	–	74,7	–
–	45,5	–	76	–	75,5
46,5	–	–	77,2	–	–
48	–	–	78,5	–	–
–	–	49,5	–	86,8	–

([1]) Les diagrammes de rayons X sont dus à M. G. Champetier.

A part la première raie de forte intensité commune aux trois diagrammes, et que l'on peut considérer comme une raie donnée par une périodicité semblable, les autres raies diffèrent par leur position, leur groupement ou leur intensité.

L'individualité chimique de l'α-glucoheptulite nous paraît donc bien établie.

Nous avons essayé de préciser sa formule.

D'après la constitution actuellement admise pour l'α-glucoheptulose, on pourrait attribuer à l'α-glucoheptulite, malgré les divergences que nous venons de rappeler, la formule de la β-glucoheptite

$$\begin{array}{ccccccccccccc} & & OH & & OH & & H & & OH & & H & & \\ & & | & & | & & | & & | & & | & & \\ CH^2OH & - & C & - & C & - & C & - & C & - & C & - & CH^2OH. \\ & & | & & | & & | & & | & & | & & \\ & & H & & H & & OH & & H & & OH & & \end{array}$$

Cet alcool oxydé par la bactérie du sorbose ou *Acetobacter xylinum* donnerait alors normalement un sucre cétonique le β-glucoheptulose dont la formation permettrait de lever l'incertitude existant sur la constitution de l'α-glucoheptulite. Nous avons fait des cultures sur l'α-glucoheptulite dans l'eau de levure. La bactérie du sorbose oxyde l'alcool et, au bout d'un mois et demi, la proportion de sucre réducteur atteint environ 80 pour 100 en solution. Après défécation au sous-acétate de plomb, on obtient un produit cristallin fondant à 152°. Par recristallisations successives dans l'alcool, on isole un composé de point de fusion 173°, de pouvoir réducteur égal aux 86 pour 100 de celui du glucose et de pouvoir rotatoire spécifique $\alpha_D^{16°} = -63°$. On est donc, contrairement à la prévision formulée plus haut, en présence d'α-glucoheptulose. La comparaison des diagrammes de rayons X confirme l'identité de ce corps. Ajoutons que nous avons pu retrouver, dans les eaux-mères, de l'α-glucoheptulite fondant à 144°.

L'oxydation biochimique à elle seule s'est montrée, ici, insuffisante pour attribuer une formule à l'α-glucoheptulite; mais elle nous permet de dire, en concordance avec les données physico-chimiques que nous signalons, que la formule de la β-glucoheptite généralement admise ne convient pas à l'α-glucoheptulite.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action de l'extrait pancréatique sur le glycocolle en milieu glycériné.* Note [1] de M. **R. Wolff** et M[lle] **Lafrançaise**, présentée par M. A. Desgrez.

Dans un travail paru en 1913, Maillard [2] a montré que les acides aminés tels que le glycocolle et l'alanine s'anhydrisent facilement en solution glycérinée lorsqu'on porte le mélange, pendant plusieurs heures, à 175°. Les produits de cette réaction sont des diacipipérazines, résultant d'une condensation peptidique de deux molécules d'acides aminés avec formation d'un noyau cyclique. Maillard a tenté d'expliquer le mécanisme de cette réaction en rappelant que certains acides aminés peuvent se cycliser spontanément lorsque leur fonction COOH est éthérifiée, et il a admis, que dans les conditions où il s'est placé, le glycocolle est d'abord éthérifié par la glycérine pour devenir apte à se cycliser. Le milieu glycériné, fortement hygroscopique, catalyserait par ailleurs cette éthérification.

S'il en est ainsi, on peut envisager la possibilité de réaliser une telle synthèse par voie biochimique, au moyen de la lipase. En effet, dans un milieu dépourvu d'eau, la lipase est capable d'effectuer la synthèse des éthers-sels des acides gras à partir de leurs constituants, alors qu'en solution aqueuse, elle hydrolyse ces éthers-sels. Il reste donc à savoir si le pouvoir de synthèse s'étend aux acides aminés, les éthers-sels de ces derniers étant également hydrolysés en solution aqueuse par ce ferment, ainsi que l'ont montré Rona et Speidel [3].

D'autre part, il était intéressant de rechercher si l'on observait une éthérification plus intense en présence d'un alcool différent de la glycérine, par exemple l'alcool éthylique. On sait, en effet, que ce dernier éthérifie le glycocolle plus facilement que la glycérine, et que l'éther-sel formé se cyclise rapidement.

Nous avons donc recherché si, dans des solutions glycérinées de glycocolle, en présence ou en l'absence d'alcool, un extrait de pancréas riche en lipase produisait une diminution du nombre des groupes COOH du glycocolle.

---

(1) Séance du 9 janvier 1933.

(2) *Genèse des matières protéiques et des matières humiques*, Paris, Masson.

(3) Rona et Speidel, *Biochem. Zeitschrift*, 149, 1924, p. 385.

Les mélanges, qui furent répartis par pesée dans des fioles d'Erlenmeyer, contenaient par essai une proportion de 4^g d'extrait glycériné de pancréas de porc (préparé à partir de glandes fraîches) présentant une valeur lipasique 60-65 (en unités Willstätter) et de 2^g d'une solution glycérinée de glycocolle à 3 pour 100. La teneur en eau du mélange était de 13 pour 100, celle en alcool éthylique de 6 pour 100. Les fioles furent placées à l'étuve à 37°. Les variations ont été suivies par la méthode de Willstätter et Kuhn [1] qui mesure la diminution du nombre des groupes COOH tant sous forme d'éther-sel que sous forme peptidique. Des analyses ont été faites parallèlement sur des solutions témoins d'extrait glycériné de pancréas, et elles ont montré qu'il se produit une augmentation légère mais progressive des groupes COOH; il en a été tenu compte dans les calculs.

Le tableau suivant donne le pourcentage du nombre des groupements COOH disparus au cours de la réaction.

	Sans alcool.			Avec alcool.			
Jours.	pH 7.	pH 5.	pH 7.	pH 7.	pH 5.	pH 7.	pH 9.
2	0,9	–	–	0,4	–	–	–
3	–	4,4	–	12	1,3	–	–
4	5,5	3,8	–	7,5	–	–	0,4
7	5,2	1,9	–	6,8	3,8	–	6,7
11	–	0,6	–	8,5	8,4	–	–
12	7,3	0,6	–	–	6,7	–	–
18	5,0	–	–	5,5	–	–	–
19	–	–	–	12,8	–	–	–
27	5,0	–	–	24,6	–	–	13,7
37	–	–	16,0	–	–	8,0	–
41	–	6,8	–	–	21,9	–	31,0
117	–	–	6,5	–	–	28,0	–

On constate qu'en milieu glycériné le nombre de groupes COOH diminue légèrement, mais cependant assez irrégulièrement. Dans un travail récent, A. Blanchetière [2] a montré qu'en solution aqueuse, la pepsine et la trypsine amènent une diminution des groupes NH^2 dans des solutions aqueuses d'acides aminés. Mais, dans ces conditions, la présence de glycérine à un taux de 10 pour 100 suffit à arrêter toute synthèse. Il s'agit donc de réactions essentiellement différentes de celles que nous décrivons.

(1) Willstätter et Waldschmitt-Leitz. *Berichte*, 54, 1921, p. 2988.

(2) A. Blanchetière, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 266 et 549.

Dans la deuxième partie de nos recherches, en présence d'alcool éthylique, la diminution est beaucoup plus importante, de 20 à 30 pour 100, suivant le pH. Ces derniers résultats viennent renforcer l'hypothèse d'une synthèse biochimique des éthers-sels des acides aminés par la lipase pancréatique.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la durée de l'immunité après la vaccination contre la fièvre aphteuse.* Note de M. **J. Lignières**, présentée par M. E. Leclainche.

On sait que la vaccination contre la fièvre aphteuse, avec ma nouvelle méthode, ne provoque pas la formation d'aphtes ni même, le plus souvent, de réaction apparente. Dans ces conditions, on était en droit de se demander si l'immunité conférée par cette vaccination avait quelque durée.

Le mieux aurait été d'expérimenter sur toutes les espèces animales sensibles, et surtout sur les bovidés; mais les grands animaux domestiques sont d'un prix élevé et leur entretien est coûteux. Pour des raisons d'économie, je me suis donc servi de gros cobayes, de 800 à 850^{g} en moyenne, très sensibles au virus aphteux. Si l'on ne peut reporter intégralement sur le bœuf, le porc ou le mouton les résultats acquis chez le cobaye, il est cependant évident que la durée de l'immunité chez ce dernier peut éclairer la question pour les grands animaux domestiques. D'ailleurs, les quelques rares expériences faites avec des bovidés et des porcs m'ont montré que ceux-ci ont été immunisés pour plusieurs mois.

Je ne m'occuperai aujourd'hui que des cobayes. Tous ont reçu trois vaccins, à dix jours d'intervalle; je rappelle que les deux premiers vaccins consistent à injecter 1/8e de centimètre cube de sérum antiaphteux dans le derme du dos et, au même point, 1/8e de centimètre cube de sérum sous la peau, au total 1/4 de centimètre cube; quatre à cinq centimètres plus loin, on injecte dans le derme 1/20e de centimètre cube d'une dilution de virus vaccin en eau glycérinée PH : 7,6. Pour le troisième vaccin, on inocule dans le derme du dos, 1/20e de centimètre cube de virus vaccin seul, sans sérum [1].

Vingt-quatre cobayes, répartis en quatre lots A, B, C, D, ont été vaccinés par ma méthode, en employant le même sérum antiaphteux, mais en variant comme suit la nature du virus vaccin :

[1] Pour quelques sujets, la dose a été élevée à 1/10e de centimètre cube.

Lot A : Un seul virus d'origine anglaise (type O).

Lot B : Mélange de deux virus, n° 1 (type A) et n° 2 (type O).

Lot C : Mélange de deux virus, Florida (type A) et Anglais (type O).

Lot D : Mélange de quatre virus, Florida (type A), Mélange A (type A), Montevidéo (type O), Anglais (type O).

Pendant le cours de la vaccination, un seul cobaye sur les vingt-quatre en expérience, le n° 97, a présenté, trois jours après la deuxième inoculation, une généralisation aux quatre pattes, qui s'est montrée assez discrète, comme c'est la règle. Le sujet a guéri rapidement sans paraître souffrir de cet accident.

Pour vérifier la durée de l'immunité sur les vingt-trois cobayes restants, ceux-ci ont été inoculés à des époques différentes, à la face plantaire, avec des virus correspondant à ceux employés pour leur vaccination. Voici quelques exemples :

Dans le lot B, les cobayes nos 99 et 100 sont vaccinés le 12 décembre 1931.

Le n° 100 est inoculé à la face plantaire, le 12 février 1932, avec le mélange des virus O et A. Par la suite, il fait une lésion locale qui couvre la moitié de la surface plantaire et qui est complètement brune le 17 février. Cet aspect de la lésion marque son arrêt et le début de sa régression. Pas de généralisation.

Le 10 mars 1932, le n° 99 est éprouvé comme le précédent; il fait une lésion locale plus bénigne que le n° 100; elle est brune dès le 13 mars et guérit rapidement. Pas de généralisation.

Tous les témoins non vaccinés ont eu une forte généralisation.

Dans le lot D, vacciné le 21 décembre 1931, les cobayes nos 81 et 82 sont inoculés, toujours à la face plantaire, le 20 août 1932, avec le mélange de quatre virus. Ils font une assez forte lésion locale qui brunit et s'arrête entre le quatrième et le cinquième jour. Il n'y a pas eu de généralisation.

Le 21 septembre 1932, j'inocule à la face plantaire le même mélange des quatre virus aux cobayes nos 77 et 78, qui, après avoir fait une assez forte lésion locale qui brunit le sixième jour, cicatrise rapidement. Rien aux autres pattes.

Tous les témoins non vaccinés ont fait une forte généralisation.

Nous avons pu vérifier ainsi que, tandis que les témoins faisaient une forte généralisation, les vaccinés présentaient une lésion locale au point d'inoculation de la face plantaire, lésion plus ou moins importante, souvent minime, brunissant et avortant en général du troisième au sixième jour et sans constater jamais trace de généralisation. Nous n'avons pas été, dans cette expérience, jusqu'à la limite de la durée de l'immunité, mais nos sujets ont encore manifesté cette immunité neuf mois après la vaccination.

La séance est levée à 15^h45^m.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 JANVIER 1933.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES RICHET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Passage des virus des fièvres exanthématiques par la voie digestive chez le rat.* Note de MM. **Charles Nicolle**, **J. Laigret** et **P. Giroud**.

Les rats dévorent leurs congénères, moribonds ou morts; en cas de disette, le plus fort mange le plus faible. Les rats mangent les souris et d'autres petits rongeurs; à tout instant, ils dévorent leurs propres ectoparasites : puces, poux, etc. Il était donc intéressant de chercher si les virus exanthématiques que peuvent héberger, dans la nature, rats, petits rongeurs et leurs parasites, sont capables de traverser la paroi digestive des rats.

Pour résoudre cette question, nous avons employé le matériel virulent qu'offre le cerveau des cobayes, infectés par les divers virus exanthématiques que nous entretenons : trois virus murins (Toulon-Marcandier; Mexico-Mooser; Mexico-Zinsser, ce dernier est peut-être le même que le précédent), un virus humain de l'Ancien Monde (Tunis), un virus de la Fièvre pourprée des Montagnes Rocheuses (Montana-Parker).

On sait que le virus typhique historique se localise et cultive avec prédilection dans le cerveau. Des virus murins, entretenus par nous, si celui de Toulon se comporte sensiblement de même, ceux de Mexico présentent une affinité moindre pour le même organe, dont l'inoculation n'est pas toujours suivie de succès lorsqu'on pratique les passages par la méthode de conservation qui réussit indéfiniment avec le virus historique (cerveau dans le péritoine). Le virus de la fièvre pourprée se rencontre avec abondance

dans le sang; il est donc présent dans le cerveau comme dans tous les autres organes.

Dans nos expériences, les cobayes étaient sacrifiés les 2e, 3e ou 4e jour de leur fièvre et leurs cerveaux débités de façon que les rats en mangent un fragment notable (du quart à la moitié d'un cerveau). On s'assurait de l'ingestion en maintenant chaque rat séparé et privé d'autre nourriture, jusqu'à ce qu'il ait consommé le débris virulent qui lui était réservé. Les rats étaient sacrifiés le 14e jour de l'expérience et leurs cerveaux inoculés, après broyage, dans la cavité péritonéale de cobayes indicateurs.

Dans le cas où ces cobayes ne réagissaient pas au thermomètre, on les éprouvait vers le 25e jour de l'expérience par une inoculation virulente, afin de déterminer si la première inoculation avait été négative ou bien avait donné une infection inapparente.

Les résultats ont été les suivants :

I. Virus typhiques murins :

Virus de Toulon. — Deux séries de deux rats, chacune. Les quatre rats se sont infectés. Trois ont présenté des typhus fébriles; l'autre un typhus inapparent.

Virus de Mexico (Mooser). — Deux séries. Au moment de la première qui comporte deux rats, le virus est actif par passages cerveau-péritoine chez les témoins; les deux cobayes indicateurs présentent l'un un typhus fébrile léger, l'autre un typhus inapparent (tous deux résistent à l'inoculation d'épreuve).

Au moment de la seconde série, le virus est défaillant. On inocule en même temps, des cobayes dont l'un meurt prématurément et des rats, les cerveaux de rats mélangés sont inoculés à un cobaye indicateur); ces rats et le cobaye se sont infectés, le cobaye sous forme inapparente. Pour plus de précaution, l'épreuve a été pratiquée, non avec le virus mexicain défaillant, mais avec le virus de Toulon très actif.

Virus de Mexico (Zinsser). — Ce virus, entretenu alors par la voie cerveau dans le péritoine, est défaillant au moment de nos expériences, c'est-à-dire qu'il donne, sur les animaux de passage, rarement des infections fébriles, plus souvent des inapparentes, parfois rien. Sur quatre rats, mis en expérience, un seul s'est infecté par voie digestive (infection inapparente chez le cobaye indicateur).

II. Virus typhique historique :

Cinq rats, en trois séries; un seul rat s'est infecté (infection inapparente chez le cobaye indicateur).

III. Virus de la fièvre pourprée :

Deux rats (une seule série); un seul s'est infecté (infection inapparente chez le cobaye indicateur).

Résumé. — Les virus exanthématiques sur lesquels nous avons expérimenté sont capables de traverser la paroi digestive des rats. Les virus

typhiques murins la traversent, même lorsque l'organe ingéré est peu riche en éléments pathogènes; il y a tout lieu de penser qu'ils la traversent de façon constante si le produit est hautement virulent.

L'ingestion des autres virus exanthématiques (très actifs par les autres voies) a donné des résultats positifs moins fréquents : une fois sur cinq avec celui du typhus de l'Ancien Monde. Ainsi se trouve encore une fois soulignée la différence entre cette maladie, spécialement humaine, et le typhus murin, maladie du rat passant accidentellement à notre espèce.

CONSEQUENCES. — On savait déjà, d'autre part, que, s'il est aisé de reproduire le typhus murin par inoculation du produit de broyage de puces ou bien par la cohabitation de rats neufs avec des rats porteurs de telles puces, il n'a pas été réalisé, jusqu'à présent, d'expériences positives de passages par piqûres de puces à des rats.

Il est donc à penser que, dans la nature, les typhus murins passent le plus souvent de rat à rat à la fois par ingestion des ectoparasites, porteurs de virus (puces, poux du rat, etc.) et par cannibalisme entre rats. Ces faits, expliquent aussi pourquoi cette maladie, le typhus murin, passe rarement du rat à l'homme et pourquoi, sans doute, le typhus exanthématique historique ne retourne pas du rat à l'homme, à supposer qu'il puisse passer de l'homme au rat par ingestion de puces ou poux d'origine humaine.

M. **H. LECOMTE** s'exprime en ces termes :

Après un intervalle de deux années j'ai l'honneur de déposer pour la Bibliothèque de l'Institut le 46e fascicule de la *Flore générale de l'Indo-Chine*, publiée sous la direction de MM. HENRI HUMBERT et H. LECOMTE.

Ce fascicule, qui appartient au Tome VI, comprend le commencement de la famille des Orchidacées par nos collaborateurs MM. FRANÇOIS GAGNEPAIN et ANDRÉ GUILLAUMIN.

M. **ERNEST ESCLANGON**, faisant hommage à l'Académie, au nom de M. LUC PICART, du Tome XVII des *Annales de l'Observatoire de Bordeaux*, s'est exprimé en ces termes :

Ce volume est la suite d'une série déjà très longue de publications de l'Observatoire de Bordeaux, sous la forme d'Annales, et qui témoigne de la constante activité de cet établissement, tant dans le domaine des observations astronomiques que dans celui des travaux théoriques.

Le présent Ouvrage contient diverses études importantes et de nature variée.

M. Trousset y a poursuivi une critique intéressante basée sur des vérifications numériques de la méthode de Brendel pour le calcul d'orbites de petites planètes. A noter également un calcul de l'orbite de l'astéroïde (976), Benjamina, par M. Jekhowsky à l'aide des observations faites pendant les oppositions des années de 1922 à 1928 inclus.

L'Ouvrage contient ensuite une étude très importante de climatologie par MM. Luc Picart et H. Godard, au point de vue des températures et de la pluviosité moyennes observées à Floirac, en tenant compte des observations réalisées sans interruption de 1880 à 1929. Le Mémoire contient des résultats intéressants concernant certaines comparaisons avec les nombres de Wolf relatifs à l'activité solaire.

Il se termine enfin par un très substantiel Mémoire de Mécanique céleste, de M. G. Meyer, sur les *Solutions voisines des solutions de Lagrange dans le problème des n corps*, travail qui apporte une contribution importante à cette question et des vues nouvelles sur les problèmes qu'elle laisse encore en suspens.

NOMINATIONS.

M. **A. Lacroix** est désigné pour représenter l'Académie à la célébration du 25e anniversaire de la fondation de la *Société de Pathologie exotique*, le 8 février 1933, à l'Institut Pasteur de Paris.

M. **Ch. Gravier** est désigné pour représenter l'Académie au cinquième *Pacific Science Congress*, à Victoria et Vancouver, en juin 1933.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Guide pour l'étude expérimentale du sol, par Albert Demolon et Désiré Leroux.

GÉOMÉTRIE ALGÉBRIQUE. — *Quelques théories nouvelles en géométrie algébrique*. Note de M. **Francesco Severi**.

Je vais résumer ici mes recherches sur certaines théories nouvelles en géométrie algébrique.

1. Au point de vue géométrique. — J'introduis les *séries d'équivalence g* sur une courbe *réductible* de S_r. Elles sont coupées par des systèmes linéaires d'hypersurfaces de S_r. Une série g n'est pas généralement linéaire (comme dans le cas d'une courbe *irréductible*), c'est-à-dire qu'elle ne peut être représentée birationnellement *sans exceptions* dans un espace linéaire. J'ai développé pour les séries g une géométrie analogue à celle des séries linéaires. Les séries g sont *nécessaires* pour construire une théorie quelconque des séries de groupes de points sur une surface.

Lorsqu'on cherche à étendre aux groupes de points d'une surface la notion de série linéaire ou d'équivalence, on aboutit à des difficultés sérieuses, qui ont retardé jusqu'ici la formation de la théorie, malgré l'opinion générale de sa nécessité. Il est en effet évident que les propriétés invariantes vis-à-vis des transformations birationnelles ne peuvent être épuisées par la considération des systèmes linéaires de variétés à $r-1$ dimensions d'une variété à r dimensions, c'est-à-dire des fonctions rationnelles du corps, prises séparément. Il faut aussi étudier les covariants simultanés des couples, des termes, etc. de fonctions rationnelles du corps, c'est-à-dire les propriétés de certaines séries de groupes de points, ou systèmes de lignes, etc. d'une variété. Pour une surface F, on trouve d'abord les types suivants de séries de groupes de n points :

1° *Séries de monoéquivalence.* — Deux groupes quelconques sont équivalents sur *quelque* courbe (irréductible ou réductible) de F.

2° *Séries intersections complètes*, découpées par les courbes de deux systèmes linéaires, tracés sur F. Parmi les séries 2° on a les *séries caractéristiques* des systèmes linéaires; mais ces dernières sont particulières. Par exemple les coniques de S_3 coupent sur une surface de quatrième ordre une série intersection complète, d'ordre 8, qui n'est pas contenue dans une série caractéristique de même ordre. Les séries 2° sont du type 1°.

3° *Séries intersections partielles*, coupées par les courbes de deux systèmes linéaires hors de groupes de points variables dans une série d'équivalence sur une courbe fixe (irréductible ou réductible) de F.

4° *Séries rationnelles ou unirationnelles.* — Elles sont contenues totalement dans des séries du type 1°. Les séries 2° sont rationnelles.

Je définis comme *équivalents* deux groupes de n points de F si, en dehors de points communs, ils sont des groupes caractéristiques de *quelque* réseau de courbes tracé sur F ou se réduisent à de tels groupes en ajoutant deux groupes de points équivalents sur une courbe de F. La relation est transitive. Une *série d'équivalence* $|A|$ est l'ensemble des groupes équivalents à A. On peut opérer sur les séries d'équivalence par *addition* et *soustraction*, etc. *Les séries* 1°, 2°, 3°, 4° *sont des séries d'équivalence.*

La théorie se transporte aux systèmes d'équivalence de variétés à $k(0 \leqq k \leqq r-1)$ dimensions d'une variété V_r. On trouve par exemple que les courbes d'une même famille de S_3 forment une série d'équivalence et qu'elles coupent une série d'équivalence sur une surface de S_3. Dans la suite, une telle série sera nommée une *série du type* 5°.

Au moyen des séries d'équivalence on peut étudier les correspondances algébriques entre surfaces. On trouve ainsi, par exemple, la signification invariantive et fonctionnelle du principe numératif de Zeuthen (*Comptes rendus*, octobre 1906).

2. Au point de vue topologique. — Soit σ une série (irréductible) de ∞^r $(r \geqq 2)$ groupes de n points de F; V soit une variété image birationnelle de σ; T soit la correspondance entre V et F. Moyennant T, un cycle Γ, à une ou à deux dimensions de V, se transforme en un cycle Δ de F. Ainsi les cycles linéaires d'une base primitive de V, se transforment en des combinaisons linéaires à coefficients entiers λ d'une base primitive de cycles linéaires de F; les cycles à deux dimensions d'une base primitive de V, se transforment en des combinaisons linéaires des ρ_0 cycles non algébriques de Picard-Lefschetz, tracés sur F; des ρ cycles algébriques de Picard-Severi et des $\sigma - 1$ cycles algébriques non nuls, diviseurs de zéro, de Severi-Poincaré-Lefschetz. Soient μ, μ', ν les coefficients entiers relatifs à ces classes de cycles. On a alors les types suivants de séries σ :

a. Tous les λ sont nuls. La T transforme tout cycle linéaire de V en un cycle nul de F. La série est *à circulation linéaire nulle.* Elle est contenue totalement dans une série *régulière*, dont l'étude a été entreprise par M. Albanese (*Boll. Un. mat. italiana*, giugno 1932).

b. Tous les μ sont nuls. La T transforme tout cycle à deux dimensions de V en un cycle algébrique de F. J'appelle σ une série *à circulation superficielle algébrique.*

c. Tous les ν sont nuls. La T transforme tout diviseur de zéro de V en un cycle nul de F. J'appelle σ une série *à cyclo-torsion nulle*.

Les séries des types 1°, 2°, 3°, 4°, 5° ci-dessus (et peut-être toutes les séries d'équivalence) jouissent des propriétés *a*, *b*, *c*. Toute série existant sur une *courbe* de F, jouit des propriétés *b*, *c* et, si F est régulière, même de la propriété *a*.

3. Au point de vue transcendant. — Je considère les formes différentielles de première espèce attachées à la surface F. Il s'agit là des formes différentielles dans le sens de M. Cartan, transporté par M. Kähler (*Acc. d'Italia*, 1932) au domaine algébrique. Les formes linéaires correspondent aux intégrales de Picard, les formes quadratiques aux intégrales doubles. Eh bien :

La condition nécessaire et suffisante pour qu'une série σ soit à circulation linéaire nulle, c'est que toute forme différentielle linéaire de première espèce de F *donne une somme nulle dans un groupe* G *variable en σ.*

Ce théorème bien simple est contenu implicitement dans un de mes anciens travaux.

La condition nécessaire et suffisante pour qu'une série σ soit à circulation superficielle algébrique, c'est que toute forme différentielle quadratique de première espèce donne en G *une somme nulle* (1).

Cette propriété très remarquable constitue *la véritable extension du théorème d'Abel aux intégrales doubles de première espèce.*

Pour caractériser les séries *c*, il faut avoir recours aux formes tensorielles de première espèce heureusement introduites par M. Kähler. J'ai trouvé jusqu'ici que *toutes les formes tensorielles de première espèce donnent des sommes nulles dans un groupe* G *variable dans une série d'un des types* 1°, 2°, 3°, 4°, 5°. Peut-être la même condition est vérifiée pour toute série d'équivalence et peut-être ceci caractérise les séries d'équivalence. Ce qui est certain c'est que *si la série σ des groupes de points d'une surface* F *satisfait à cette condition*, F *est rationnelle et par suite σ est une série d'équivalence.*

---

(1) C'est-à-dire : Si $\varphi(x, y, z)\,dx\,dy$, est une des formes susdites et (x_i, y_i, z_i) sont les points de G, lorsqu'on pose x_i, y_i, z_i égaux à des fonctions analytiques de deux paramètres réels (ou complexes) λ, μ, de sorte que G se meut en σ, on a identiquement $\Sigma\varphi(x_i, y_i, z_i)\,\frac{\partial(x_i, y_i)}{\partial(\lambda, \mu)} = 0$.

GÉOMÉTRIE. — *La signification affine du pseudo-arc et de la pseudo-courbure des courbes minima.* Note de M. V. **Lalan**, présentée par M. Elie Cartan.

1. Le pseudo-arc σ d'une courbe minima satisfait à deux conditions :

$$|M''_{\sigma^2}|^2 = 1, \qquad |M'_{\sigma} M''_{\sigma^2} M'''_{\sigma^3}| = -i, \tag{1}$$

dont l'ensemble définit sans ambiguïté $d\sigma^2$. La première, introduite pour la première fois par M. E. Vessiot [1], est de nature métrique : elle définit $d\sigma^4$; la seconde est de nature affine, entendant par là qu'elle est invariante vis-à-vis de toute transformation affine conservant les volumes [2]. Or, elle suffit à définir $d\sigma^6$, ce qui indique que le pseudo-arc a une signification affine. C'est ce que je me propose de préciser.

Sur toute courbe gauche, on définit [3] l'*arc affine* u par la condition que le parallélépipède d'arête M'_u, M''_{u^2}, M'''_{u^3} ait un volume égal à un. Si la courbe est réelle, on obtient un arc affine réel en posant

$$|M'_u M''_{u^2} M'''_{u^3}| = \varepsilon, \tag{2}$$

$\varepsilon = \pm 1$, du signe opposé à la torsion; dans le domaine complexe, on ferait $\varepsilon = 1$. L'arc affine est lié à l'arc métrique par la relation

$$du^6 = -\varepsilon \frac{ds^6}{R^2 T}, \tag{3}$$

qui cesse d'avoir un sens pour les courbes minima. Mais, pour ces dernières, on voit immédiatement, en rapprochant (2), où $\varepsilon = +1$, de la seconde formule (1), que

$$du^6 = -i\, d\sigma^6. \tag{4}$$

Donc, à un coefficient numérique près, *le pseudo-arc d'une courbe minima n'est autre que son arc affine.*

2. Le trièdre intrinsèque et la pseudo-courbure d'une courbe minima ont aussi une signification affine simple. Pour toute courbe gauche, étudiée

---

[1] E. Vessiot, *Comptes rendus*, 140, 1905, p. 1381-1384.

[2] Une remarque équivalente a été faite par M. Cartan dans une de ses *Leçons* (Paris, 1931).

[3] W. Blaschke, *Vorlesungen über Differentialgeometrie*, 2, 1923, p. 72.

du point de vue de la géométrie affine, Winternitz [1] a démontré, et c'est d'ailleurs un résultat auquel conduit directement la méthode du repère mobile de M. Cartan, qu'il existe un trièdre du quatrième ordre, de volume un, lié intrinsèquement à la courbe et vérifiant les équations suivantes, analogues à celles de Frenet

$$(5)\qquad \frac{dM}{du}=I_1,\qquad \frac{dI_1}{du}=I_2,\qquad \frac{dI_2}{du}=k_1 I_1+\varepsilon I_3,\qquad \frac{dI_3}{du}=k_2 I_1+3\varepsilon k_1 I_2,$$

où k_1 et k_2 sont les deux courbures affines, respectivement du cinquième et du sixième ordre.

Pour les courbes dont le cône des tangentes est du second ordre, on démontre que $k'_1=\varepsilon k_2$, si bien que ces courbes n'ont qu'un invariant affine fondamental. Or c'est précisément le cas pour les courbes minima. En comparant (5) avec les formules de M. Vessiot relatives aux courbes minima, on trouve, avec les notations que j'ai employées précédemment [2],

$$(6)\qquad \theta=\omega I_1,\qquad \nu=\omega^2 I_2,\qquad \beta=-\omega^3(I_3-k_1 I_1)\qquad (\omega=\sqrt[6]{-i}),$$

. On voit que le vecteur ν est porté par la normale principale affine. De plus,

$$(7)\qquad k=2\omega^2 k_1;$$

la pseudo-courbure est donc, à un coefficient numérique près, *identique à la première courbure affine*. A noter que le trièdre $\theta\nu\beta$ n'est que du troisième ordre et k du quatrième; cet abaissement par rapport au cas général est l'effet des relations métriques spéciales aux courbes minima; par exemple

$$k=\frac{1}{2i}\,|\,M'_\sigma M'''_{\sigma^3} M^{\text{IV}}_{\sigma^4}\,|=-\frac{1}{2}\,|\,M'''_{\sigma^3}\,|^2.$$

Les courbes minima à pseudo-courbure constante sont caractérisées par une propriété de nature affine (et même projective) : leurs tangentes font partie d'un complexe linéaire. C'est une conséquence du fait que les courbes jouissant de cette propriété sont celles qui vérifient [3] $3k'_1=\varepsilon k_2$. Cette condition, rapprochée de $k'_1=\varepsilon k_2$, entraîne $k_1=\text{const}$.

---

[1] A. WINTERNITZ, *Habilitationschrift*, Prague, 1921 (cité par W. Blaschke, p. 76).

[2] *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1211-1213.

[3] E. SALKOWSKI, *Leipziger Berichte*, 70, 1918, p. 160-176.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la nécessité d'introduire une nouvelle notion concernant le discontinu.* Note [1] de M. C. POPOVICI.

1. On dit qu'une fonction $f(x)$ tend vers *l'infini* quand x s'approche de x_0, ou que la fonction est *non bornée* dans un domaine D si, quel que soit A, il existe au moins un point ξ dans le voisinage de x_0, ou dans D, tel que

$$f(\xi) > \mathrm{A}. \tag{A}$$

Il faut se demander si, cette condition étant remplie, il serait tout de même possible que, quel que soit ξ, il existât un nombre B tel que

$$f(\xi) < \mathrm{B}. \tag{B}$$

La condition (B) n'est pas nécessairement en contradiction avec la condition (A); elles sont indépendantes. Ainsi si $f(x) = 1/x$ la condition (A) est remplie dans un domaine qui contient $x = 0$ et (B) non; il n'existe pas de B tel que

$$f(0) < \mathrm{B}.$$

2. Je vais donner des exemples où les conditions (A) et (B) sont satisfaites à la fois, et, si l'on veut, sur un ensemble partout dense. Prenons la série

$$f(x) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \rho^n \frac{a^n x}{1 + ca^{2n}x^2} \qquad \left(a < \rho < \frac{1}{a},\ c > 0,\ a > 0\right). \tag{1}$$

Cette série est convergente uniformément, quel que soit ρ et a, pour toute valeur réelle de x et *pour* $x = 0$ *elle devient identiquement nulle.*

Pourtant au voisinage de $x = 0$ *elle peut dépasser tout nombre* A.

En effet, on a

$$f(x) - \rho f(ax) = 0.$$

Donc si $\rho < 1, a < 1$, alors $f(a^n x) = f(x)/\rho^n$, on pourrait choisir n tel que $f(a^n x) > \mathrm{A}$.

Or $a^n x$ tend vers zéro pour $n = +\infty$ et *pourtant* $f(0) \equiv 0$.

Donc les conditions (A) et (B) sont satisfaites à la fois.

---

[1] Séance du 16 janvier 1933.

Dans ce cas $f(x)$ est aussi non bornée et pourtant, si $c > 0$, elle a une valeur déterminée pour tout point compris entre $+x$ et $-x$.

Nous pourrons construire des fonctions qui, dans un intervalle donné, ont un ensemble partout dense où les conditions (A) et (B) sont satisfaites à la fois. Par exemple :

$$(2)\quad F(x) = \sum_{p,q=0}^{+\infty}\sum \frac{1}{1+p^4+q^4} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} p^n \frac{a^n(x-x_{pq})}{1+c^2a^{2n}(x-x_{pq})^2} \qquad \left(x_{pq} = \frac{ap+bq}{p+q}\right).$$

Tous les points [1] qui divisent en parties rationnelles le segment ab jouent le rôle de $x = 0$ dans l'exemple (1).

Il faut donc introduire une notion nouvelle. Il est nécessaire de *distinguer* parmi les fonctions non bornées deux classes :

Classe A : la condition (A) est remplie, pas la condition (B).

Classe B : les conditions (A) et (B) sont remplies à la fois.

Je propose d'appeler celles de classe A *fonctions non bornées* tout simplement et celles de classe B *fonctions non bornées et déterminées*.

3. Une distinction de même nature devra s'établir dans le cas suivant : Considérons les deux fonctions

$$f(x) = \sin 2k\pi \frac{Lx}{La} \qquad \text{et} \qquad \varphi(x) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \frac{a^n x}{1+c^2a^{2n}x^2}.$$

Elles sont bornées lorsque x tend vers zéro ($x > \to 0$). Au voisinage de $x = 0$ elles sont discontinues (à variation non bornée) mais déterminées pour toute valeur de x si petite soit-elle. Pour $x = 0$, $f(0)$ n'est pas déterminé tandis que $\varphi(0) \equiv 0$. On doit y faire également la *distinction*.

Classe A : *Fonction discontinue*.

Classe B : *Fonction discontinue et déterminée*, même si elle a un nombre fini (ou même dénombrable) de déterminations.

La distinction doit être faite pour ces fonctions, comme on le fait pour

---

[1] Si l'on essaie de construire une fonction analogue, pas sur un segment de courbe, mais sur une portion du plan, on ne réussira pas (tout au moins par ce procédé) parce que si l'on remplace la série double p, q par une série triple p, q, r où $x_{pqr} = \dfrac{ap+bq+cr}{p+q+r}$, a, b, c n'étant pas en ligne droite, alors la condition (B) n'est plus satisfaite dans toute la région du triangle a, b, c, car dans cette région se trouveront des pôles de $F(x)$. Pour que (B) soit satisfaite il faut sortir ces pôles du triangle. Ils forment un ensemble dénombrable autour de chaque point singulier x_{pqr}.

les séries divergentes, convergentes et non uniformément convergentes. Dans les séries prises pour exemple, le point $x = 0$, ou les points $x_{p,q,r}$ sont des points singuliers essentiels, x variant sur l'axe réel la série (1) $\rho \leq 1$ est uniformément convergente pour toute valeur de x et pour $x = 0$ elle est convergente *non uniformément*, en s'y réduisant identique à zéro.

Mais comment classer la série (2) qui est déterminée sur tout point de l'axe réelle ?

Il faudra aussi envisager les fonctions continues (sur l'axe réel par exemple) au point singulier, mais à variation non bornée [1].

Les séries de ce genre m'ont servi pour montrer qu'il y a une infinité d'intégrales des équations intégro-fonctionnelles prenant des valeurs données en un point donné [2].

Remarquons que nous avons réussi à construire des fonctions telles que (2) non bornées ($\rho < 1$) ou bornées et discontinues ($\rho = 1$), mais *déterminées* sur un segment de droite (ou d'une courbe) ayant sur cette droite un ensemble partout dense de points singuliers essentiels, où elles y prennent des valeurs déterminées; mais nons n'avons pas réussi à construire des fonctions de cette classe B dans une région du plan de la variable imaginaire x (par exemple dans un triangle d'affixes a, b, c; voir notice plus haut) quoique ce triangle est rempli par un ensemble partout dense de points singuliers essentiels, dans lesquels les fonctions composantes qui admettent ces points singuliers *s'annulent identiquement*. Les pôles nous ont arrêté.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Rectification à une Communication récente.* Note de M. Georges Giraud.

Je m'excuse d'avoir à retirer, par suite d'une erreur, la principale affirmation d'une Note récente [3]; cette affirmation reste douteuse. Cependant

---

(1) Nous pouvons imaginer aussi des fonctions qui, sur des intervalles en série convergente s'approchant du point singulier, ont des variations qui tendent aussi vers zéro comme les intervalles, mais ces variations forment une série divergente. Parmi ces fonctions il y en a qui satisfont à certaines équations fonctionnelles.

(2) *Comptes rendus*, 159, 1914, p. 1866-1869; *Circolo Palermo*, 39, 1915, p. 341, 344; *Congrès Math. de Bologne*, 3, 1928, p. 121-132; *Bulletin des Sc. math.*, 53, juillet-août 1929, p. 213-224 et 232-247; *Rendiconti Lincei*, 6e série, 10, 1929, p. 413; 11, fasc. 1 et 12; *Mathematica Cluj*, 3, 1930, p. 49-63, etc.

(3) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1361-1363.

la proposition énoncée au paragraphe 1 subsiste; dans le dernier paragraphe, les hypothèses indiquées permettent d'obtenir des limites supérieures et inférieures de la fonction inconnue et de ses dérivées premières et secondes, sans connaître effectivement cette inconnue, pourvu qu'elle existe.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur le calcul des coefficients des séries trigonométriques*. Note de M. **Arnaud Denjoy**.

J'ai donné (*Comptes rendus*, 172, 1921, p. 653, 833, 903, 1218; 173, 1921, p. 121) le moyen de remonter d'une dérivée seconde généralisée $f(x)$ supposée finie et connue en tout point, à sa primitive (seconde généralisée) $F(x)$ par une sorte d'intégration à trois limites

$$T_{2.s}(f, a, b, c) = (c-b)F(a) + (a-c)F(b) + (b-a)F(c) = V(F, a, b, c).$$

En général, il existe un ensemble E, non dense sur le continu et de mesure nulle (mince), en aucun point duquel $F(x)$ ne possède de dérivée première. Aussi l'intégrale $T_{2.s}$ était-elle conçue de manière à fournir *directement* $V(F, a, b, c)$ en sautant par-dessus l'échelon intermédiaire, susceptible de manquer, figurant la variation $V(F', \alpha, \beta) = F'(\beta) - F'(\alpha)$ de la dérivée première.

Mais j'ai constaté depuis lors que $F(x)$ possède la propriété d'être *résoluble* (à variation réductible à zéro sur tout ensemble parfait mince). Or une fonction de cette nature possède, sauf au plus sur un ensemble mince, une dérivée approximative finie (qui, dans le cas de F est même une dérivée exacte F'), et il suffit de connaître celle-ci sur une épaisseur pleine pour avoir $F(x) - F(a)$ par une totalisation simple.

Le problème à résoudre se borne donc à déduire $F'(\beta) - F'(\alpha)$ de $f(x)$ pour tout couple de points (α, β) étrangers à E. Si l'on écrit

$$F'(\beta) - F'(\alpha) = T_{1.s}(f, \alpha, \beta),$$

$T_{1.s}(f, \alpha, \beta)$ est une intégrale (ou totale) définie du premier ordre d'un genre nouveau. Elle n'est pas en général une fonction partout déterminée, définie et continue, de ses limites α et β. Mais les points α ou β où elle perd l'une de ces propriétés forment un ensemble de mesure nulle (et non dense sur le continu).

I. $\psi(u)$ étant une certaine fonction de u paire, non décroissante avec $|u|$,

continue et nulle pour $u = 0$, supposons que

$$|F(x+u) + F(x-u) - 2F(x)| < \psi(u), \tag{1}$$

quel que soit $|u| < \eta$ et x sur un certain ensemble e.

Si $\psi(u)$ était égal à zéro, la courbe $y = F(x)$ admettrait pour centres tous les points de l'ensemble e' formé des points de C se projetant en e. ψ n'étant pas nul, si à partir d'un point donné de C on prend une suite de symétries par rapport à des points successifs différents appartenant à e', on obtient autant de nouveaux points de C, avec une certaine approximation calculable à partir de $\psi(u)$.

1° Si e comprend θ_1 et θ_2, on trouve, pour tout entier m,

$$F(x + 2m\overline{\theta_2 - \theta_1}) - F(x) = 2m[F(\theta_2) - F(\theta_1) + \delta\psi(D)] \qquad (\delta^2 < 1), \tag{2}$$

D étant la plus grande des distances de x et de $x + 2m(\theta_2 - \theta_1)$ au couple (θ_2, θ_1).

2° Si e comprend

$$\theta_1, \theta_2 = \theta_1 + k, \qquad \theta'_1, \theta'_2 = \theta'_1 + k' \qquad (0 < k < k'),$$

on établit, D′ étant le diamètre de l'ensemble $\theta_1, \theta_2, \theta_1, \theta'_2$,

$$F(\theta_2) - F(\theta_1) = \frac{\theta_2 - \theta_1}{\theta'_2 - \theta'_1}[F(\theta'_2) - F(\theta'_1)] + 2\delta\psi(D') \qquad (\delta^2 < 1). \tag{3}$$

La condition (1) est vérifiée par toute fonction $F_1(x) = F + Ax + B$ (A et B indépendants de x). Soient A et B tels que $F_1(\theta_1) = F_1(\theta_2) = 0$. ξ étant un point quelconque du segment $\theta'_1 - k, \theta'_1 + k$, soient $\xi_1 = \xi + 2mk$ appartenant au segment $(\theta'_2 - k, \theta'_2 + k)$, ξ'_1 symétrique de ξ_1 par rapport à θ'_2, $\xi' = \xi'_1 - 2nk$ appartenant à $\theta'_1 - k, \theta'_1 + k$, enfin ξ'' symétrique de ξ' par rapport à θ'_1. On a par (1) et (2) une expression approchée de $F_1(\xi'') - F_1(\xi)$. En supposant $F_1(\xi)$ successivement maximum et minimum sur le segment $\theta'_1 - k, \theta'_1 + k$, on trouve l'égalité (3). Celle-ci ne suppose même pas la continuité de F, mais seulement que F soit borné.

II. Supposons que $\int_0^\alpha \psi(u)/u^2\,du$ existe (condition B) et vaille $\Psi(\alpha)$.

1° *Si e contient un ensemble $\theta, \theta + k_n$, avec $|k_{n+1}| < |k_n|$ et $\Sigma\psi(2k_n)/|k_{n+1}|$ fini* (ce qui rend nécessaire la condition B), $F(x)$ (supposée continue) *possède au point θ une dérivée première finie* $F'(\theta)$.

Soit

$$|h| = \sum_{i=1}^{i\infty} 2m_i|k_i|, \qquad |h_n| = \sum_{i=n+1}^{\infty} 2m_i|k_i| < 2|k_n|.$$

Les formules (2) et (3) conduisent, pour $2|k_q| \leq |h| < 2|k_{q-1}|$, à

$$(4) \qquad \frac{F(\theta+h)-F(h)}{h} = F'(\theta) + 2\delta\left[\frac{\psi(h)}{|k_q|} + \sum_{n=q}^{n=\infty}\frac{\psi(2k_n)}{|k_{n+1}|}\right].$$

2° Si e contient n points $a = x_0$, x_i, $x_n = b$, la formule (3) donne

$$S = \sum_{i=1}^{i=n} |F(x_i) - F(x_{i-1})| < |F(b) - F(a)| + 2n\psi(b-a).$$

Mais par application répétée par cette formule dans le cas $n = 3$, $2|x_1 - a|$ et $2|b - x_2| \leq b - a$, on trouve

$$(5) \qquad S < |F(b) - F(a)| + 6\sum_{0}^{\infty} 2^m \psi\left[2^{-m+1}\overline{b-a}\right]$$
$$< |F(b) - F(a)| + 12(b-a)\Psi(2b-2a).$$

3° Si e renferme un ensemble parfait P, la formule (5) montre que la variation de F sur P est définie, sa variation totale VT(F, P) est finie, et si ω est l'épaisseur moyenne de P sur le segment ab joignant ses extrémités,

$$(6) \qquad VT(F, P) < \omega |F(b) - F(a)| + 12(b-a)\Psi(2b-2a).$$

Si P est mince, l'application de cette formule avec l'artifice donnant la seconde expression (5) de S fournit $VT(F, P) = 0$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions méromorphes d'ordre infini.* Note de M. **King-Lai Hiong**, présentée par M. Émile Borel.

M. Blumenthal a fondé une théorie générale des fonctions entières d'ordre infini basée sur la considération des fonctions types [1] et M. Denjoy est parvenu à une définition précise des produits canoniques dont il a donné des limitations très serrées [2]. Je me propose de refaire la théorie générale en cherchant une approximation meilleure que celle de M. Blumenthal; les résultats de M. Nevanlinna [3] permettent d'autre part de traiter sans plus de peine le cas général des fonctions méromorphes.

---

(1) *Principes de la théorie des fonctions entières d'ordre infini* (Paris, 1910).

(2) *Sur les produits canoniques* (*Journal de Math.*, 6, 1910, p. 1-136).

(3) *Le théorème de Picard-Borel et la théorie des fonctions méromorphes* (Paris, 1923).

1. Soit $f(z)$ une fonction méromorphe d'ordre infini,

$$T(r) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \overset{+}{\log} |f(re^{i\varphi})|\, d\varphi + N(r, f),$$

la fonction de Nevanlinna. Si l'on pose

$$T(r) = r^{\mu(r)},$$

$\overline{\lim}\, \mu(r)$ est infini par hypothèse. Si $\mu(r)$ est non décroissant, on le remplace par $\nu(r)$ égal pour chaque r au maximum de $\mu(r')$, $r' \leqq r$. On ajuste ensuite la fonction

$$V(r) = r^{\nu(r)}.$$

On construit à cet effet une fonction croissante $y = \varphi(x)$ représentée par une ligne polygonale, vérifiant la condition de croissance normale de M. Borel

$$(1) \qquad \varphi(x') \leqq \varphi(x)^{1+\varepsilon}, \qquad \text{si} \quad x' = x\left(1 + \frac{1}{\varphi(x)}\right),$$

et croissant indéfiniment lorsque x croît de o à un certain nombre ξ; $\varepsilon = \varepsilon\varphi(x)$ tend vers zéro lorsque $\varphi(x)$ tend vers ∞.

Soit $\psi(y)$ la fonction inverse de $\varphi(x)$. Si l'on a

$$V(r') \leqq \varphi\big(r' - r + \psi(V(r))\big), \qquad r' > r > r_0,$$

$V(r)$ vérifie la condition de croissance normale (1). Dans le cas contraire, en utilisant le fait énoncé par M. Valiron [1] que $T(r)$ est analytique par intervalles, on remplace dans certains intervalles (r', r'') $V(r)$ par

$$\varphi\big(r' - r + \psi(V(r))\big),$$

les courbes représentatives de ces fonctions étant tangentes au point r'' et

$$V(r) \leqq \varphi\big(r' - r + \psi(V(r))\big), \qquad r \geqq r'.$$

On vérifie aisément que la fonction ainsi obtenue soit

$$V(r) = r^{\rho(r)},$$

est telle que

$$T(r) \leqq V(r), \qquad r > r_0; \qquad T(r_n) = U(r_n) \qquad (n = 1, 2, \ldots, \infty, \lim r_n = \infty)$$

et vérifie la condition de croissance normale (1).

---

[1] *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1305.

2. D'après ceci, on peut appeler ordre de $f(z)$ toute fonction $\rho(r)$ non décroissante telle que si petit que soit le nombre positif ε on ait

$$(2)\quad T(r) < r^{\rho(r)(1+\varepsilon)} \quad \text{si} \quad r > r(\varepsilon), \qquad T(r) > r^{\rho(r)(1-\varepsilon)} \quad \text{si} \quad r = r_n, \qquad r_n \to \infty,$$

$r^{\rho(r)}$ vérifiant la condition de croissance normale (1).

Les théorèmes de M. Nevanlinna conduisent à la proposition suivante : *si $n(r, \alpha)$ est le nombre des zéros de $f(z) - \alpha$ pour $|z| \leq r$* (chacun d'eux compté avec son ordre de multiplicité ; si $\alpha = \infty$, il s'agit des pôles), *on a si petit que soit* ε

$$(3)\qquad n(r, \alpha) < r^{\rho(r)(1+\varepsilon)}, \qquad r > r(\alpha);$$

$$(4)\qquad n(r, \alpha) > r^{\rho(r)(1-\varepsilon)}, \qquad r > r(\alpha) \qquad (r = r_1, r_2, \ldots, r_n, \ldots, \lim r_n = \infty),$$

la première inégalité valant, quel que soit α, la seconde sauf pour 2 valeurs de α au plus.

Ce résultat a le degré de précision de ceux obtenus par M. Borel pour l'ordre fini.

3. Pour étendre complètement les résultats relatifs à l'ordre fini, il convient de voir si l'on peut former avec les zéros de $f(z) - \alpha$ un produit canonique dont l'ordre soit au plus égal à l'ordre de $f(z)$. J'ai vérifié qu'il en est bien ainsi en assujétissant l'ordre à une nouvelle condition permettant d'appliquer les résultats de M. Denjoy. On peut remplacer la fonction $U(r)$ du n° 1 par une fonction jouissant les mêmes propriétés et telle qu'en outre

$$(5)\qquad X\rho(e^X)$$

soit convexe. Ceci montre que $T(r, f)$ étant donné, il existe des ordres $\rho(r)$ ayant toutes les propriétés du n° 2 et tels que la fonction (5) soit convexe. Moyennant cette hypothèse, de la condition (3) et de la formule de M. Denjoy [1]

$$\log |P(z)| < (1+\varepsilon)\, e^Y \left(\varepsilon e^{\alpha X} + \log \frac{1}{X - X_1} + \log \frac{1}{X_2 - X}\right),$$

on déduit que le produit canonique $P(z)$ de M. Denjoy formé avec les zéros de $f(z) - \alpha$ est bien tel que

$$T(r, P(z)) < r^{\rho(r)(1+\varepsilon(r))} \qquad (\lim \varepsilon(r) = 0).$$

---

[1] *Loc. cit.*, p. 77.

La formule de Jensen donne une inégalité de sens contraire qui montre que, *pour une valeur* α *non exceptionnelle*, $\rho(r)$ *est un ordre de* $P(z)$.

On remarquera que les conditions imposées à $\rho(r)$ sont vérifiées pour $\rho(r) = \text{const.}$, formules, définitions et approximations sont donc les mêmes pour les ordres finis et infinis.

D'après les résultats de MM. Valiron et Selberg, tout ce qui a été dit s'étend aux fonctions algébroïdes avec la modification connue concernant le nombre des valeurs exceptionnelles.

HYDRAULIQUE. — *Sur la similitude des régimes transitoires dans les mouvements de rotation.* Note [1] de MM. L. Escande et P. Dupin.

Dans une précédente Communication, l'un de nous a étudié [2] la durée de formation de la cheminée d'air centrale des Vortex, c'est-à-dire des mouvements giratoires à surface libre; la Note actuelle a pour objet l'exposé des

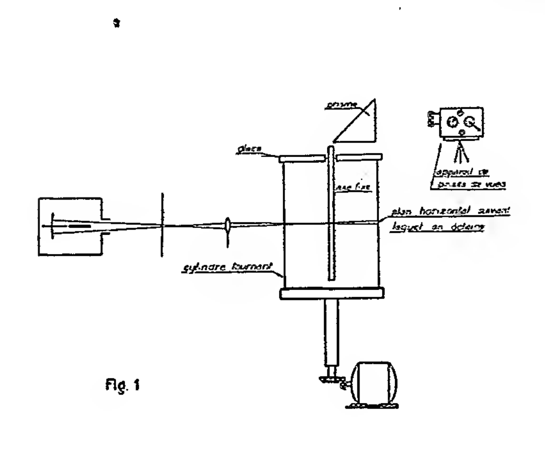


Fig. 1


Fig. 2

résultats auxquels nous sommes parvenus dans l'étude d'une question analogue : le mécanisme du régime transitoire dans les mouvements de rotation des fluides visqueux, à l'intérieur des systèmes en charge.

Pour réaliser un tel système, nous avons employé le dispositif ci-dessus (*fig.* 1) : un cylindre vertical ayant 15^{cm} de diamètre intérieur et 20^{cm} de

(1) Séance du 16 janvier 1933.

(2) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1048.

hauteur, tourne autour de son axe; à l'intérieur, un deuxième cylindre, de même axe et de même hauteur que le premier, est maintenu immobile; le diamètre de ce second cylindre est de 1^{cm}. Le cylindre extérieur porte, à sa partie supérieure, une glace épaisse percée d'un orifice d'un diamètre très légèrement supérieur à celui du cylindre fixe; l'eau affleure au milieu de l'épaisseur de la glace. Une fente de 5^{mm} de largeur, garnie de mica, permet d'éclairer le plan horizontal médian. Lorsque le cylindre extérieur commence à tourner, le mouvement se transmet progressivement de la périphé-

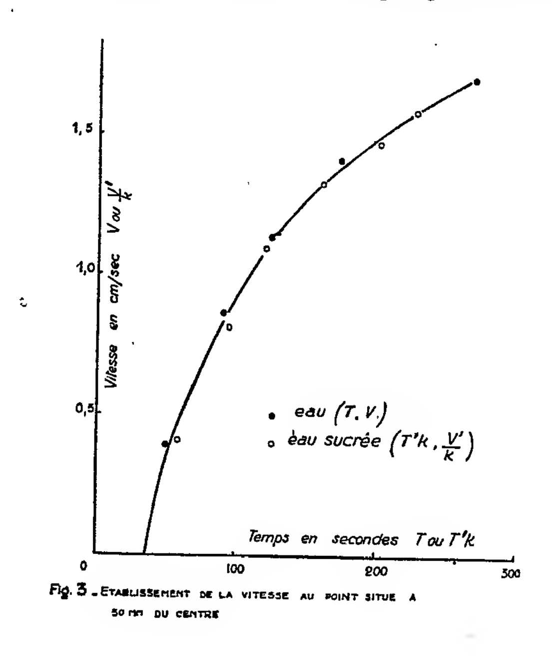


Fig. 3 – Etablissement de la vitesse au point situé à 50 mm du centre

rie au centre : comme on le voit sur la photographie de la figure 2, le liquide correspondant à la zone centrale entourant le cylindre intérieur est encore immobile, au début du phénomène, tandis que les portions périphériques sont déjà entraînées dans le mouvement de rotation; ensuite, l'importance de la zone centrale immobile diminue constamment, jusqu'à ce que toutes les portions du liquide participent au mouvement. Cette transmission est d'autant plus rapide que le cylindre tourne plus vite; pour de faibles vitesses, elle peut devenir très lente; c'est ainsi que dans un cylindre contenant de l'eau à 15°C. et tournant à raison de un tour en 15 secondes, la durée nécessaire pour que le mouvement s'étende à toute la masse liquide est de l'ordre de 5 minutes.

Au moyen de la méthode chronophotographique, nous avons déterminé,

à diverses époques, les courbes représentant la vitesse V en fonction de la distance r à l'axe, le système étant rempli d'eau. Dans une autre série d'expériences, nous avons fait les mêmes déterminations en remplissant le cylindre avec de l'eau sucrée dont le coefficient cinématique de viscosité était $K = 3,75$ fois plus élevé que celui de l'eau employée dans la première expérience. Nous avons obtenu une nouvelle série de courbes (r, V) correspondant à différentes époques. Des courbes précédentes on déduit facilement deux nouvelles courbes ayant comme abscisses les temps T, et comme ordonnées les vitesses correspondantes V, en un point situé à une distance déterminée de l'axe, par exemple 50^{mm}. La courbe obtenue avec l'eau sucrée coïncide avec celle obtenue avec l'eau ordinaire, à condition de multiplier les abscisses T par K et de diviser par le même rapport K les ordonnées V, correspondant à l'eau sucrée, comme le montre la figure 3. La similitude de Reynolds s'applique donc à ce phénomène.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Lignes de courant dans l'écoulement autour d'un cylindre de révolution, à nombre de Reynolds élevé.* Note (1) de M. **Jacques Valensi**, présentée par M. Henri Villat.

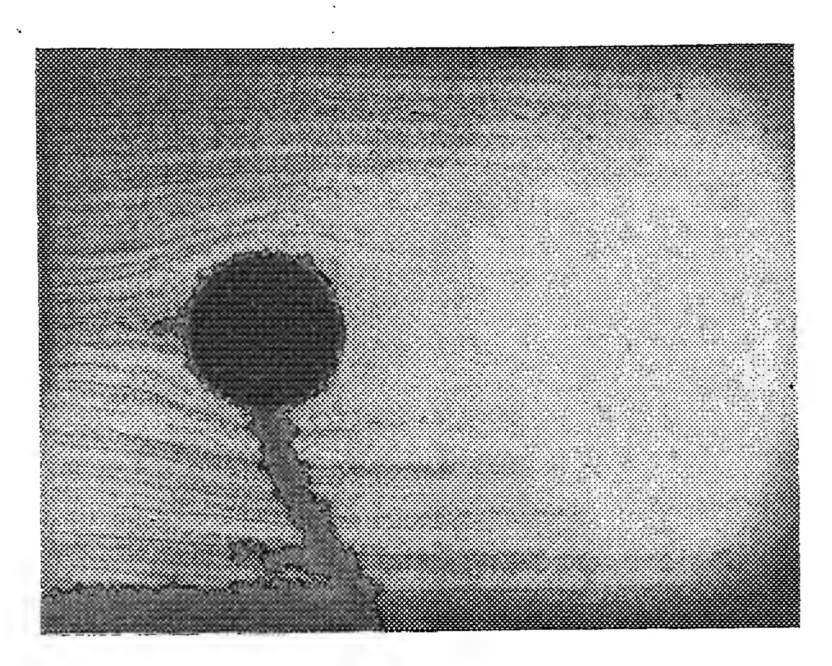
La matérialisation de l'écoulement de l'air autour des obstacles, qui est aisée aux faibles nombres de Reynolds et peut dans ce cas être obtenue par différents procédés, soulève de sérieuses difficultés aux grands nombres de Reynolds. Ces difficultés viennent surtout de la diffusion rapide aux grandes vitesses des filets (fumée, air chaud, etc.), que l'on emploie pour matérialiser l'écoulement.

La loi de similitude nous permet d'échapper à cet écueil en remplaçant les essais aérodynamiques par des essais dans l'eau sur modèles réduits et à faible vitesse; on peut apporter un perfectionnement à la méthode en réchauffant l'eau. Le procédé n'est pas nouveau mais nous croyons nouvelle l'application que nous en avons faite à la photographie des lignes de courant dans l'écoulement autour d'un cylindre pour un nombre de Reynolds supérieur à la valeur critique (~ 250000).

Nous publions ici le spectre que nous avons obtenu, entre deux glaces parallèles autour d'un cylindre de révolution de $7^{cm},5$ de diamètre et de

(1) Séance du 27 décembre 1932.

10^{mm} de hauteur s'appuyant sur les deux glaces, en utilisant un dispositif expérimental que nous avons réalisé à Marseille; ce dispositif est analogue à celui bien connu que M. Toussaint a réalisé à Saint-Cyr, mais il en diffère par ses dimensions qui sont plus grandes et par les plus grandes vitesses que l'on peut y obtenir grâce au tuyau de vidange qui a une hauteur de 8^m. Le spectre est relatif à une vitesse d'écoulement de 2,10 m/sec. dans de



l'eau portée à 60° par réchauffage dans la cuve au moyen de résistances électriques. Nous avons effectué la photographie de ce spectre à l'éclair du Stroborama (durée 1/1 000 000e de seconde), ce qui nous a permis de surprendre une des lignes de courant très voisine de la paroi du cylindre et dont le point de décollement est situé à 120° environ à partir du point de vitesse nulle.

Dans quelle mesure ce spectre représente-t-il un écoulement plan, c'est la question que M. Favre, qui nous a aidé dans la réalisation de nos photographies, va s'efforcer de résoudre en entreprenant une étude critique de cet écoulement (répartition des vitesses en profondeur, etc.).

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur l'existence d'une vitesse de rotation dangereuse, indépendante de l'équilibrage, pour certains groupes turbo-alternateurs.* Note [1] de M. ROBERT GIBRAT, présentée par M. E. Jouguet.

I. Dans ce qui suit, nous cherchons à montrer qu'il existe, indépendamment des conditions d'équilibrage, pour les groupes turbo-alternateurs à axe vertical porté par un pivot, et, d'une manière générale, pour les masses en mouvement autour d'un point fixe, *une vitesse de rotation dangereuse* proportionnelle à la plus petite vitesse critique d'équilibrage.

Le groupe étant mobile autour d'un point fixe est analogue à un pendule sphérique, et possède deux fréquences propres d'oscillations pendulaires dépendant de la vitesse de rotation autour de la verticale et des moments d'inertie.

Lorsque la période d'une de ces oscillations propres est égale à celle des forces, ou même des chocs produits à chaque tour par les contacts avec les paliers, les dissymétries dans l'arrivée d'eau, etc., il y a résonance et, par suite, amplification indéfinie des oscillations. En pratique, bien entendu, les frottements réduisent la valeur maximum à une grandeur finie.

II. Nous considérons un trièdre de référence $Oxyz$, lié au corps, passant par le point fixe, et coïncidant avec les directions principales d'inertie par rapport à ce point. Les trois moments d'inertie correspondants sont A, B, C. L'axe Oz est presque vertical. Soient p, q, r les projections sur les axes $Oxyz$ de la vitesse angulaire de rotation ; a, b, $1-c$ les cosinus directeurs constants par rapport au trièdre $Oxyz$ de la droite OC aboutissant au centre de gravité et $a+\lambda$, $b+\mu$, $1-c+\nu$ les cosinus des angles variables formés par la direction verticale avec les axes. Vis-à-vis de r les quantités p, q, a, b, c, λ, μ, ν sont très petites ; nous négligerons donc leurs produits dans ce qui suit.

Les équations d'Euler sont :

$$A\frac{dp}{dt}+(C-B)qr=L,$$

$$B\frac{dq}{dt}+(A-C)rp=M,$$

$$C\frac{dr}{dt}+(B-A)pq=N.$$

L, M, N sont les composantes du moment des forces par rapport au point fixe.

---

[1] Séance du 16 janvier 1933.

Nous considérons d'abord les forces de rappel qui tendent à ramener la direction OG dans la position verticale : poids du système, réactions des pivots et des paliers, efforts électromagnétiques, efforts hydrodynamiques, etc.

Nous pouvons admettre que ces forces donnent un couple proportionnel à l'angle d'écart avec la position d'équilibre et d'axe perpendiculaire au plan de déplacement. Les composantes sont donc $-k\mu$, $+k\lambda$, o.

Il y a de plus des forces produites par les contacts entre parties mobiles et parties fixes, par la dissymétrie des effets hydrodynamiques, etc., forces de période $2\pi/r$. Les projections du moment correspondant seront

$$-\mathrm{K}\sin rt, \quad \mathrm{K}\cos rt, \quad 0.$$

Enfin, il faut écrire que la direction de la verticale est fixe dans l'espace, soit

$$\frac{d\lambda}{dt} = \omega(\mu + b) - q,$$

$$\frac{d\mu}{dt} = p - \omega(\lambda + a).$$

La troisième équation d'Euler donne

$$z = \omega,$$

en désignant par ω la vitesse angulaire constante du système autour de la verticale. En éliminant p et q, on obtient :

$$\mathrm{A}\frac{d^2\mu}{dt^2} + (\mathrm{A}+\mathrm{B}-\mathrm{C})\omega\frac{d\lambda}{dt} + \mu[k - \omega^2(\mathrm{B}-\mathrm{C})] = b\omega^2(\mathrm{B}-\mathrm{C}) - \mathrm{K}\sin\omega t,$$

$$\mathrm{B}\frac{d^2\lambda}{dt^2} - (\mathrm{A}+\mathrm{B}-\mathrm{C})\omega\frac{d\mu}{dt} + \lambda[k - \omega^2(\mathrm{A}-\mathrm{C})] = a\omega^2(\mathrm{A}-\mathrm{C}) - \mathrm{K}\cos\omega t.$$

Si $\mathrm{K} = 0$, λ et μ sont donnés par

$$\lambda = \frac{a\omega^2}{\omega_1^2 - \omega^2} + \lambda_1\cos s_1 t + \lambda_2\cos s_2 t,$$

$$\mu = \frac{b\omega^2}{\omega_2^2 - \omega^2} + \mu_1\sin s_1 t + \mu_2\cos s_2 t$$

avec

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{k}{\mathrm{A}-\mathrm{C}}}, \qquad \omega_2 = \sqrt{\frac{k}{\mathrm{B}-\mathrm{C}}};$$

λ_1, μ_1, λ_2, μ_2 sont des constantes dépendant des conditions initiales.

s_1 et s_2 sont les racines positives de l'équation bicarrée :

$$[-\mathrm{A}s^2 + k - \omega^2(\mathrm{B}-\mathrm{C})][-\mathrm{B}s^2 + k - \omega^2(\mathrm{A}-\mathrm{C})] = \omega^2 s^2(\mathrm{A}+\mathrm{B}-\mathrm{C})^2.$$

Lorsque ω atteint une des valeurs ω_1 ou ω_2, un des termes de λ ou de μ devient infini, il y a donc deux vitesses critiques d'équilibrage, confondues d'ailleurs pour un corps de révolution.

Quand K est différent de zéro, la théorie des équations différentielles linéaires montre qu'il y a un phénomène de résonance lorsqu'une des racines de l'équation en s est égale à ω, ce qui donne la vitesse dangereuse unique Ω :

$$\Omega = \frac{\omega_1}{2}\sqrt{\frac{\frac{A}{C}-1}{\frac{A+B}{2C}-\frac{1}{2}}} = \frac{\omega_2}{2}\sqrt{\frac{\frac{B}{C}-1}{\frac{A+B}{2C}-\frac{1}{2}}},$$

et lorsque ω est voisin de Ω, il y a apparition d'un phénomène de battement, l'amplitude maximum variant en fonction de ω comme $1/\Omega^2-\omega^2$.

Pour des corps de révolution où le rapport A/C dépasse 10, ce qui est le cas habituel des groupes turbo-alternateurs, Ω est à 2 pour 100 près la moitié de la vitesse critique.

III. Ces résultats théoriques ont été remarquablement vérifiés par des essais systématiques sur résistance liquide, dans le cas d'un groupe alternateur-turbine hydraulique, sous une charge de 20000 kilowatts.

On voit, en résumé, qu'il faut éviter à tout prix, pour les groupes à axe vertical, une vitesse de régime voisine de la moitié de la vitesse critique.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur les phénomènes de résonance en mécanique ondulatoire.* Note de M. **Jacques Winter**, présentée par M. M. de Broglie.

Schrödinger (*Zeitschrift für Physik*, 78, 1932, p. 309 et suiv.) étudie la possibilité d'observer un phénomène non adiabatique : un courant d'atomes d'hydrogène franchit une discontinuité de champ électrique, et l'on observe la manière dont les lignes spectrales de ces atomes suivent la variation du champ dans l'espace. Sa conclusion est que pour un pouvoir séparateur optimum de l'appareil optique qui projette l'image du courant sur la fente d'un spectroscope, on pourra juste séparer deux positions des atomes, dont la distance aura été parcourue pendant une durée égale à la période propre associée à la variation d'effet Stark, due à celle du champ entre ces deux positions. Si l'appareil est trop séparateur les raies spectrales chevaucheront et la variation de l'effet Stark ne sera plus observable sur un parcours correspondant à une durée inférieure à la période propre.

Une conclusion d'ordre général peut être dégagée de cette étude. Il est impossible de déterminer l'instant où une perturbation extérieure (l'installation d'un champ, par exemple) modifie l'énergie d'un atome avec une erreur moindre que $h/\Delta E$ (h constante de Planck, ΔE erreur sur la variation d'énergie de l'atome provoquée par la perturbation). Ceci n'est qu'un cas particulier des règles d'incertitude bien connues.

Nous avons cherché à appliquer ces considérations aux phénomènes de résonance en mécanique ondulatoire (Heisenberg, *Die physikalischen prinzipiender Quantentheorie*, partie mathématique, § 5; Born-Jordan, *Elementare Quanten Mechanik*, § 64 et § 65). Voici les résultats que nous avons obtenus : Les Ouvrages cités montrent que, si la dégénérescence initiale était d'ordre 2, l'énergie du système perturbé aura deux valeurs propres différant d'une certaine quantité $2A$, soient $E+A$ et $E-A$, et la période des phénomènes de résonance $h/2A$. L'indétermination sur l'énergie est ici précisément égale à $2A$, car ses seules valeurs possibles sont $E+A$ et $E-A$; et l'incertitude sur l'instant initial devenant égale à une période de résonance, le phénomène périodique deviendra inobservable. Si l'instant initial était déterminé avec une erreur inférieure à la période de résonance, nous devrions, dans l'expression de la fonction d'onde du système à cet instant initial, faire figurer des termes correspondant à des valeurs propres autres que $E+A$ et $E-A$, et dont le déphasage au cours du temps masquera le phénomène de résonance qu'on obtiendrait en ne considérant que le déphasage réciproque des termes correspondant à $E+A$ et $E-A$.

ASTRONOMIE. — *Sur la vitesse radiale de quelques nébuleuses.*
Note de M. **Comas Sola.**

On sait qu'on a mesuré récemment la vitesse radiale de plusieurs nébuleuses très éloignées et qu'on a trouvé des vitesses inattendues, avec deux particularités notables : que toutes ces vitesses marquent un éloignement, et, d'autre part, qu'elles sont d'autant plus grandes que les nébuleuses sont plus éloignées. Ces vitesses sont de l'ordre de quelques milliers de kilomètres par seconde, arrivant, d'après les dernières mesures, jusqu'à 24000^{km}, pour une distance de 135 millions d'années de lumière.

A propos de ces grandes vitesses radiales, j'avais publié dans les *Astronomische Nachrichten*, n° 5821, un article, le mois de juin 1931, dans lequel je

fais une discussion complète de ces vitesses pour décider, au cas ou elles auraient été bien interprétées, quelle théorie de la lumière serait la véritable, en les combinant avec le phénomène de l'aberration. On sait aussi, qu'après la détermination de quelques astronomes de la valeur de l'aberration, on avait trouvé que celle-ci n'avait pas changé, d'où l'on a cru pouvoir déduire que la vitesse de la lumière ne change pas quand le foyer lumineux ou l'observateur se déplacent radialement.

Il me semble qu'on peut donner une explication simple de ces résultats sans recourir à des hypothèses extrêmes et en s'appuyant seulement sur la théorie corpusculaire de la radiation qui a été dévoloppée par moi depuis 1915, et dans laquelle les rayons lumineux seraient constitués par des filaments de corpuscules ou photons doués d'une vitesse balistique de 300000^{km} par seconde par rapport au foyer lumineux, corpuscules qui, d'autre part, seraient assujettis à un mouvement ondulatoire de nature élastique qui se propagerait au long du filament avec une vitesse du même ordre que la vitesse balistique. Les détails et les perfectionnements de cette théorie ont été exposés successivement dans les publications de l'Observatoire Fabra. Ce qui surprend le plus dans les mouvements supposés de ces nébuleuses, c'est le fait que toutes les vitesses représentent l'éloignement; et il est plus étonnant encore que ces vitesses augmentent proportionellement à la distance.

Il est évident que les rayons de lumière, dans leur traversée dans l'espace, s'entre-croisent avec d'autres rayons provenant de tous les lieux. Or, dans ce croisement de rayons il est évident aussi que, dans un temps plus ou moins long, il y aura, au moins, des chocs ou demi-chocs des photons, malgré leur petitesse par rapport aux distances qui les séparent, ce qui donnera comme résultat la perte, par expulsion ou diffusion, d'un certain nombre de photons dans les filaments de radiation et, par suite, une diminution de fréquence. Au fond, c'est une généralisation de l'effet Compton.

Si nous acceptons comme générale l'expression de Planck : $\varepsilon = \nu h$, dans laquelle ε est la force vive d'un élément de vibration, ν la fréquence ondulatoire et h la valeur du quantum, nous pouvons écrire, dans le cas de ma théorie corpusculaire, dont la fréquence est sensiblement double (fréquence balistique + fréquence ondulatoire) : $2mV^2 = \nu h$, m étant la masse d'un photon et V la vitesse de la lumière. On déduit $\nu = 2mV^2/h$.

On voit que la fréquence ondulatoire, la seule qui, dans les circonstances égales commande la dispersion, dépend de la valeur de m. Si, au lieu de prendre un seul élément, nous envisageons la quantité de photons

qui traversent les prismes pendant un temps t, appelant E l'énergie ondulatoire reçue par l'observateur pendant le temps t, nous aurons $E = \nu h t$, et si, par effet des collisions, ont été expulsés, un certain nombre de photons on pourra écrire $E = \nu' h t$, t'étant $< t$. On obtient ainsi $E/E' = \nu/\nu'$; mais $E/E' = M/M'$, en représentant par M et M' la somme des masses des photons reçus par l'observateur pendant le temps t. Par conséquent, $\nu/\nu' = M/M'$, ou bien $\nu' = \nu M'/M$, ce qui revient à dire $\lambda' = \lambda M/M'$.

Soit φ la quantité de photons qui existent dans une unité de longueur du filament lumineux. Le nombre de photons diffusés à chaque moment sera proportionnel à φ, à un coefficient k et à la différentielle de la distance δ du foyer au point considéré. On pourra écrire $-d\varphi = k\varphi\, d\delta$; partant, $\varphi = e^{-k\delta}$. En faisant $e^{-k} = \alpha$ coefficient de diffusion, on aura $\varphi = \alpha\delta$.

Puisque, d'après les observations, le déplacement du spectre est sensiblement proportionnel à la distance du foyer, on pourra prendre, par exemple, comme unité de δ la distance de 67,5 millions d'années de lumière, et comme valeur de $\delta = 2$, la distance de 135 millions d'années, pour laquelle on trouve une vitesse radiale apparente de 24000^{km} par seconde. La diminution de fréquence pour ce déplacement serait donc de 0,08 pour $\varphi = 0,92$.

Nous aurons pour $\delta = 1$, $\varphi_1 = \alpha = 0,96$; et pour $\delta = 2$, $\varphi_2 = \alpha^2 = 0,92$. La racine carrée de 0,92 étant 0,96 sensiblement et d'accord avec l'observation, on peut adopter, comme valeur provisoire du coefficient de diffusion, $\alpha = 0,96$ pour une distance unité de 67,5 millions d'années de lumière.

Si l'on pouvait avoir avec exactitude la valeur de α, en connaissant le déplacement du spectre vers le rouge et en négligeant la vitesse radiale vraie de l'astre, on pourrait calculer directement la distance des astres extrêmement éloignés. D'ailleurs, il est a prévoir que dans le spectre de tous les astres il existera un certain déplacement vers le rouge, quoique insensible pour ceux qui se trouvent à des distances relativement petites.

ASTROPHYSIQUE. — *Théorie photométrique des éclipses de Lune.* Note de M. F. Link, présentée par M. Ch. Fabry.

L'étude photométrique des éclipses de Lune présente un grand intérêt pour l'exploration de la haute atmosphère. L'observation des astres près de l'horizon est souvent gênée par la brume, de sorte que les méthodes usuelles conviennent surtout au sondage radial de l'atmosphère. Au con-

traire, les éclipses de Lune fournissent un excellent moyen de sondage par les rayons tangentiels. La structure de l'atmosphère, éclairée par la tranche, s'y révèle plus nettement que par les observations de la réfraction et de l'absorption faites à la surface du globe.

Actuellement, nos connaissances sur la stratosphère, jusqu'à 40^{km} d'altitude environ, permettent d'établir une théorie qui donne, avec une bonne approximation, les densités optiques de l'ombre depuis le centre jusqu'au bord géométrique. Comme élément fondamental de ma théorie, j'ai adopté les densités de l'air en fonction de l'altitude données par J. Humphrey, de o à 40^{km} (1). A partir de ces données moyennes, par un procédé purement numérique, sans supposer aucune loi reliant les densités aux altitudes, j'ai pu calculer les réfractions horizontales, leurs variations avec l'altitude et les masses d'air pour chaqne kilomètre entre 2 et 40^{km}.

Avec ces valeurs il est assez facile de calculer les densités optiques de l'ombre en se basant sur le principe suivant : Au point N, où nous voulons calculer la densité de l'ombre, plaçons un point lumineux qui projette l'ombre que nous appellerons auxiliaire sur le Soleil. Le Soleil sera remplacé par un disque diffusant dont l'albédo varie comme la brillance réelle du Soleil en fonction de la distance au centre. On démontre facilement que le flux diffusé par ce disque provoque, par exemple au centre de la Terre, un éclairement proportionnel à celui du point N pendant l'éclipse.

Le calcul se réduit donc à celui d'une ombre produite par la source ponctuelle, ce qui simplifie beaucoup le problème. Deux causes provoquent l'affaiblissement des rayons passant à travers de l'atmosphère terrestre. C'est d'abord l'absorption atmosphérique qui dépend de masses d'air traversées et l'affaiblissement par la réfraction. Pour ce dernier j'ai trouvé la formule

$$s = \left[1 - \frac{\omega}{\pi_{\odot} + \pi_{☾}}\left(1 + \frac{h'}{a}\right)\right]\left[1 - a\frac{d\omega}{dh'}\frac{1}{\pi_{\odot} + \pi_{☾}}\right],$$

où ω est le double de la réfraction horizontale à l'altitude h, a le rayon terrestre, $a + h'$ la distance au centre des rayons avant l'entrée dans l'atmosphère et $\pi_{\odot}$, $\pi_{☾}$ les parallaxes horizontales du Soleil et de la Lune. La discussion de cette formule permet d'établir l'existence d'une région plus claire au centre de l'ombre terrestre ainsi que le montrent les observations. D'autre part, puisque l'affaiblissement par la réfraction est sensi-

(1) *Physics of the air*, Mc Graw-Hill Book Company, New-Nork, 1929.

blement neutre et que son action devient prépondérante dans les régions marginales de l'ombre, on explique aisément la teinte grise de celles-ci.

En comparant les densités calculées D_c pour diverses distances au centre de l'ombre avec les densités observées D_o par Danjon et moi-même, on trouve un décalage entre les deux courbes, les observations donnant les densités plus fortes que le calcul. Portons en abscisses les masses d'air moyennes correspondant à chaque point de la courbe calculée, en ordonnées les différences $D_o - D_c$. Pour la partie bleue du spectre, les points ainsi obtenus jusqu'au bord de l'ombre géométrique s'alignent sur une droite dont la pente fait connaître la correction (très faible) à apporter au coefficient d'absorption. Pour la masse zéro l'ordonnée, qui en densités vaut 0,4, représente un décalage impossible à faire disparaître en modifiant le coefficient d'absorption. Sa grandeur s'accorde bien avec l'hypothèse d'une couche absorbante élevée, de densité 0,04 au zénith, et située à l'altitude de 150^{km} environ. L'hypothèse d'une telle couche a été suggérée déjà par les observations de Bauer et Danjon et les miennes sur l'absorption atmosphérique, mesuré en haute montagne.

Dans le vert et dans le rouge les points commencent à descendre brusquement au-dessous de la droite lorsque les premiers rayons solaires ont dépassé 20^{km} d'altitude environ. Ceci paraît prouver que l'absorption par la couche d'ozone, *pour les rayons horizontaux*, commence à décroître à partir de ce niveau. Les décalages sont plus grands que dans le bleu et correspondent bien aux coefficients d'absorption et à la quantité d'ozone généralement admis.

ASTRONOMIE. — *A propos des parallaxes dynamiques des étoiles doubles.* Note de M. **D. Barbier**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Dans une Note [1] intitulée *The reliability of the hypothetical parallaxes*, W. S. Finsen a mis en doute les résultats suivants que nous avions indiqués [2] à savoir :

1° Théoriquement les formules de parallaxes dynamiques sont erronées.

2° Numériquement les résultats sont faux.

---

(1) *Monthly Notices*, **93**, 1932, p. 25.

(2) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 709, et *Journal des Observateurs*, **15**, 1932, p. 3.

Nous allons montrer que, bien loin d'infirmer ces résultats, le travail de Finsen les confirme.

Supposons, pour simplifier les notations, la masse du système égale à l'unité. Soient ϖ la parallaxe vraie, ϖ_0 la parallaxe dynamique, μ une fonction des éléments inconnus de l'orbite et x une fonction des données de l'observation. On a

$$\varpi = \mu x,$$
$$\varpi_0 = l x,$$

où l dans les formules classiques de parallaxes dynamiques est une constante donnée par

$$l = \overline{\mu}. \tag{1}$$

Ici Finsen considère deux définitions différentes d'une *bonne* parallaxe dynamique.

1° Les étoiles étant sélectionnées d'après leurs parallaxes dynamiques, la moyenne de leurs parallaxes vraies doit être égale à leur parallaxe dynamique.

2° Les étoiles étant sélectionnées d'après leurs parallaxes vraies, la moyenne de leurs parallaxes dynamiques doit être égale à leur parallaxe vraie.

Dans le premier cas, Finsen montre que l'on a bien

$$l = \overline{\mu},$$

mais l est ici une fonction de x, ce qui est contraire au résultat que donne le calcul des parallaxes dynamiques.

Dans le deuxième cas, Finsen trouve bien que l est une constante mais il obtient

$$l = (\overline{\mu^{-1}})^{-1}. \tag{2}$$

Par suite, les parallaxes dynamiques calculées à l'aide de la formule (1) sont incorrectes. Il serait d'ailleurs très facile de calculer l par la formule (2) mais nous avouons ne pas voir l'utilité des parallaxes dynamiques *exactes* dans l'hypothèse II, alors que Finsen considère que ce sont ces parallaxes dont l'usage doit être le plus fréquent. Voici d'ailleurs ce qu'il écrit à ce sujet. *Dans la pratique réelle la sélection se fera souvent d'après un criterium impliquant un groupement d'après les parallaxes vraies et nous aurons à trouver d'après les parallaxes dynamiques ce que sont les parallaxes*

vraies. Il semble que si les parallaxes vraies sont déjà connues, il n'est pas utile de les redéterminer à l'aide des parallaxes dynamiques. Supposons au contraire que l'on veuille déterminer, par exemple, la répartition des magnitudes absolues des étoiles d'une certaine classe spectrale, la sélection se fera en réalité à partir des parallaxes dynamiques.

Au point de vue numérique, les parallaxes dynamiques seraient particulièrement intéressantes pour les parallaxes faibles. On pourrait leur apporter une correction déterminée à l'aide des étoiles ayant leur parallaxe trigonométrique connue. Malheureusement cette correction est, relativement, très grande. Soit une parallaxe de 0″,00025, la correction est de 0″,00400, sans qu'on soit d'ailleurs certain de l'exactitude du chiffre 4.

En résumé nous maintenons que les parallaxes dynamiques données par les formules classiques sont fausses théoriquement et numériquement. Nous ne croyons pas que, par la comparaison avec les parallaxes trigonométriques, on puisse leur apporter des corrections leur laissant une précision suffisante. Nous ne croyons pas davantage qu'en les corrigeant pour leur faire satisfaire l'hypothèse II *elles soient d'un usage bien fréquent.*

PHYSIQUE. — *Produit du phénomène de Merget par la d'Arsonvalisation à ondes courtes.* Note (1) de M. **H. Bordier**, transmise par M. d'Arsonval.

Merget a décrit ainsi le phénomène qu'il a appelé thermodiffusion gazeuse (2) : « Quand un corps poreux ou pulvérulent environné d'un gaz quelconque est mis dans des conditions propres à déterminer la vaporisation de son eau d'imbibition, le mouvement de sortie de celle-ci à l'état de vapeur provoque en sens contraire un mouvement de rentrée du gaz ambiant qui afflue par les pores superficiels et s'accumule à l'intérieur sous pression. »

Pour l'étude du phénomène de Merget, j'ai pensé à utiliser la chaleur dégagée dans un bloc poreux, par le passage d'ondes électriques à très haute fréquence qui ont l'avantage d'échauffer le bloc sans que celui-ci soit exposé à absorber des produits de combustion variés, comme dans le cas où l'échauffement est réalisé par une flamme ou par un feu de charbon de bois, ainsi que l'avait fait Merget. Le bloc qui m'a servi dans ces expériences est constitué par un vase poreux cylindrique rempli de brique finement concassée et ayant 6^{cm} de diamètre et 9^{cm},5 de hauteur. Son poids, à

(1) Séance du 16 janvier 1933.

(2) *Comptes rendus*, 77, 1873, p. 1468, et 78, 1874, p. 884.

l'état sec, est de 398g; ce bloc est muni d'un tube abducteur plongeant dans la masse poreuse.

Dans mes expériences, le bloc poreux était entouré d'un carton fortement serré et maintenu par un lien; il était placé entre les deux plateaux-condensateurs d'un appareil de Beaudouin donnant 30 millions de périodes par seconde, soit 10m de longueur d'onde.

Quand le bloc est préalablement desséché, il ne se dégage aucune bulle de gaz par le tube abducteur, dont l'extrémité plonge dans l'eau; mais si l'on mouille le bloc, un dégagement gazeux ne tarde pas à se manifester sous l'influence de l'échauffement par les ondes courtes. Ainsi, dans une expérience où le bloc a absorbé 15cm³ d'eau tant à l'intérieur qu'à l'extérieur, les bulles gazeuses ont commencé 12 minutes après l'établissement du courant : la température du bloc était à ce moment-là de 77°,5; le dégagement a duré 34 minutes et s'est arrêté, le thermomètre marquant 73°,5. Dans cette expérience, le volume d'air recueilli a été de 256cm³.

J'ai cherché à voir comment varie le volume d'air ayant thermodiffusé avec le volume d'eau imprégnant les espaces capillaires, en introduisant le liquide par le tube abducteur.

Voici les nombres trouvés dans trois expériences :

Imbibition avec	Dégagement après	Durée du dégagement.	Volume du gaz recueilli.
5cm³ d'eau........	12 minutes	21 minutes	202cm³
15 »	9 »	36 »	243 »
40 »	7 »	46 »	292 »

Ces nombres montrent que le dégagement gazeux et la durée du phénomène vont en augmentant à mesure que l'imbibition s'est faite plus profondément dans les espaces capillaires du bloc.

La thermodiffusion se produit non seulement avec l'eau, mais avec tous les liquides volatils : ce dernier cas avait été peu étudié jusqu'à présent parce que le moyen d'échauffement précédemment employé risquait d'enflammer ces liquides. Avec l'échauffement par les ondes courtes, au contraire, un tel danger n'est pas à craindre.

J'ai étudié le phénomène de Merget en faisant absorber à la masse poreuse différents liquides. Voici les nombres trouvés après introduction de 15cm³ de chacun des liquides :

	Durée du dégagement.	Volume du gaz recueilli.
Alcool méthylique...........	46 minutes	207cm³
Acétone....................	33 »	222 »
Éther éthylique.............	40 »	378 »

Ces nombres semblent indiquer que le volume gazeux dégagé pendant la thermodiffusion est d'autant plus grand que le liquide imprégnant les espaces capillaires est plus volatil; les points d'ébullition de ces trois substances sont en effet respectivement de 66°, 50°,3 et 35°.

Il doit très probablement s'effectuer pendant le phénomène de Merget des combinaisons chimiques, et, en particulier, des oxydations sous l'influence de l'élévation de température et du champ oscillant de très haute fréquence : c'est une question qui pourrait intéresser les chimistes.

ACOUSTIQUE. — *Procédé optique pour la mesure de l'absorption des ondes ultra-sonores par les liquides.* Note (¹) de M. **P. Biquard**, présentée par M. Jean Perrin.

Il résulte de travaux récents effectués par R. Lucas et moi-même (²) d'une part, et par P. Debye et F. W. Sears (³) d'autre part, que les propriétés optiques d'un milieu sont modifiées lorsque celui-ci est le siège d'ondes ultra-sonores. En particulier, pour des longueurs d'onde acoustiques suffisamment petites, le milieu se comporte comme un réseau et peut diffracter la lumière.

Je me suis proposé d'étudier expérimentalement comment varie la quantité de lumière ainsi diffractée lorsque l'on modifie l'intensité des ondes ultra-sonores. Dans ce but, j'ai réalisé le montage représenté sur la figure 1. une lampe pointolite, S, éclaire une fente f_1; la lentille L_1 donne un faisceau de lumière parallèle qui est diaphragmé par la fente f_2. La lumière traverse la cuve C contenant le liquide à étudier et est condensée ensuite par la lentille L_2 sur une fente f_3 derrière laquelle est disposée une cellule photo-électrique K. Le courant de la cellule est mesuré par un galvanomètre très sensible G_1. A la base de la cuve C se trouve un quartz piézoélectrique Q servant d'émetteur d'ultrasons. Ce quartz est excité par un poste de haute fréquence stabilisé par un cristal de quartz. La fréquence utilisée est $7{,}558.10^6$ par seconde. Un thermocouple T, branché en dérivation sur le quartz, permet de mesurer, grâce à un galvanomètre G_2, une force électro-

(¹) Séance du 16 janvier 1933.

(²) R. Lucas et P. Biquard, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 2132; **195**, 1932, p. 464, et *J. de Phys. et le Rad.*, 3, 1932, p. 464.

(³) P. Debye et F. W. Sears, *Proc. Nat. Acad. Sc.*, 18, 1932, p. 409.

motrice proportionnelle à la puissance ultra-sonore émise. Enfin la cuve est rendue mobile de façon que le pinceau lumineux puisse traverser le liquide à diverses hauteurs x au-dessus de la surface du quartz. En désignant par I l'intensité lumineuse reçue par la cellule et par θ la déviation du galvanomètre G_1 correspondante, et par I_0 et θ_0 les mêmes grandeurs en l'absence d'ultrasons, on peut écrire : $I/I_0 = \theta/\theta_0 = k$.

Pour une valeur donnée de la distance x, il suffit ensuite de faire varier la puissance émise par le quartz (mesurée par les élongations δ du galvanomètre G_2) et de tracer la courbe de k en fonction de δ. Les résultats obtenus pour l'éther de pétrole à 20°C. sont représentés sur la figure 2. On y voit

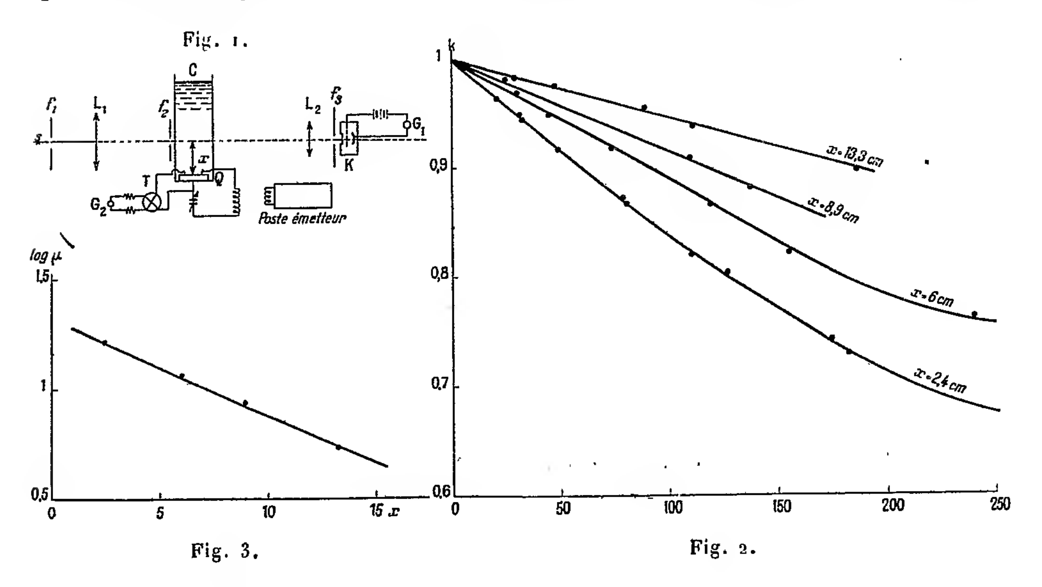


Fig. 3. Fig. 2.

nettement que, pour de petites puissances émises, le rapport $k = I/I_0$ varie linéairement avec la puissance des ultrasons.

L'existence des ultrasons dans le liquide correspond à une distribution des amplitudes ultra-sonores donnée par

$$a = a_0 e^{-\alpha x} \cos \omega t,$$

a désignant la valeur courante de l'amplitude, ω la pulsation et α le coefficient d'absorption des ultrasons dans le milieu considéré (en négligeant le déphasage très petit dû à l'absorption).

L'intensité moyenne J du rayonnement ultra-sonore est proportionnelle au carré de a et s'exprime donc par une relation de la forme

$$J = K J_0 e^{-2\alpha x}.$$

Il résulte de ce qui précède que, pour des valeurs suffisamment faibles de J, nous pouvons écrire :

$$1 - \frac{I}{I_0} = k_1 J_0 e^{-2\alpha x} = k_2 \partial e^{-2\alpha x},$$

K, k_1, k_2 étant des constantes. Les portions rectilignes des courbes de la figure 2 ont donc pour coefficients augulaires $\mu = k_2 e^{-2\alpha x}$. Il en résulte que

$$\text{Log}_{10} \mu = \text{const.} - 2\alpha x \,\text{Log}_{10} e.$$

Dans la figure 3 sont portées en abscisses les distances x et en ordonnées les valeurs de $\text{Log}_{10} \mu$. Les points obtenus se placent en ligne droite, ce qui montre bien le caractère exponentiel de l'absorption. Dans les conditions indiquées plus haut, la valeur de α pour l'éther de pétrole est voisine de 0,05. Cette valeur est sensiblement supérieure à celle prévue par la formule de Stokes (environ 7.10^{-3}), ce qui est en accord avec une observation analogue faite sur l'eau par un procédé différent (¹).

POUVOIR ROTATOIRE. — *Action des sels d'aluminium sur les tartrates alcalins.* Note (²) de M. **Yeu-Ki-Heng**, présentée par M. Ch. Fabry.

Biot a remarqué que le bitartrate de potassium dissout l'hydrate d'aluminium en se transformant en une substance amorphe. En solution concentrée, cette substance dévie à gauche la lumière polarisée. Mais la rotation diminue au fur et à mesure qu'on étend la solution, et elle finit par passer à droite. Treadwell (³), Grossmann et Lœb (⁴), etc., ont fait des recherches sur les aluminotartrates alcatins et diverses formules ont été proposées, M. Pariselle (⁵) a fait la même recherche et a admis l'existence d'un émétique. M. Darmois a observé une mutarotation importante en mélangeant du chlorure d'aluminium avec le tartrate de sodium (⁶). Nous avons repris cette question en employant la méthode des variations continues dont il a été fait beaucoup usage.

(¹) P. Biquard, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 226.
(²) Séance du 16 janvier 1933.
(³) *Zeit. für Anal. Ch.*, 77, 1906, p. 4.
(⁴) *Zeit. für Physik. Ch.*, 72, 1910, p. 102
(⁵) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 130.
(⁶) *Ann. de Physique*, 10, 1928, p. 70.

On prépare des solutions de $Al^2(SO^4)^3$ (concentration moléculaire C/2 et C par rapport à Al^{+++}) de NaOH (3C), et de tartate de sodium (C); on mélange $x/2$ cm³ de sulfate à $20 - x$ cm³ de tartrate et l'on ajoute $x/2$ cm³ de soude. On construit les courbes $\alpha_v = f(x)$.

Les rotations ci-dessous se rapportent aux deux concentrations :

	x.	0.	2.	4.	5.	6.	8.	10.	12.	14.	16.
C = 0,5 M.	$\alpha_v^{2\,dm}$	3,42	3,72	3,51	–	3,18	2,70	2,20	1,61	1,19	0,78
C = M....	$\alpha_v^{2\,dm}$	6,80	8,80	9,76	9,58	9,38	8,19	7,28	5,95	4,83	3,25

Pour utiliser ces résultats, on cherche le point où la courbe $\alpha_v = f(x)$ s'écarte le plus de celle que donnerait, à la même concentration, TNa^2 pur (T désigne en abrégé le radical tartrique). Les deux courbes donnent pour ce point $x = 5$. Il est absolument indispensable de mélanger d'abord TNa^2 à $Al^2(SO^4)^3$ et d'ajouter ensuite NaOH, sinon $Al(OH)^3$ précipite; par conséquent la combinaison ne doit pas avoir lieu entre $Al(OH)^3$ et $3\,TNa^2$, et le mécanisme de la réaction doit être le suivant :

$$2\,Al^{+++} + 3\,T^{--} \rightleftharpoons (T^3Al)^{---} + Al^{+++} \rightleftharpoons (T^3Al)\,Al,$$
$$(Al\,T^3)^{---} + 3\,Na^{+} \rightleftharpoons (Al\,T^3)\,Na^3.$$

$(T^3Al)\,Na^3$ serait le composé qui se forme ici, et $(T^3Al)\,Al$ un autre composé sur lequel nous reviendrons un peu plus loin. Nous supposons l'existence d'un ion complexe où l'ion Al^{+++} est dissimulé. En effet, PO^4Na^2H ne peut précipiter l'aluminium dans cette solution.

Si l'on mélange la solution de $Al^2(SO^4)$ avec celle de TNa^2, une mutarotation très importante a lieu. On prépare des solutions de TNa^2(C) et de $Al^2(SO^4)^3$ (C/2). x^{cm^3} de $Al^2(SO^4)^3$ sont mélangés à $20 - x^{cm^3}$ de TNa^2. Le tableau ci-dessous donne les valeurs des rotations finales pour diverses valeurs de x et trois concentrations différentes :

	x.	0.	5.	8.	10.	12.	15.
C = 0,25 M......	$\alpha_v^{2\,dm}$	6,86	2,78	0,89	1,36	6,75	1,66
C = M..........	»	13,60	4,37	−0,83	0,37	1,36	1,82
C = 2 M.........	»	26,12	9,53	−3,73	−4,15	0,02	–

On construit les courbes $\alpha_v = f(x)$ et l'on trouve que l'écart maximum correspond à $x = 8$. Donc la combinaison a lieu entre $2\,Al^{+++}$ et $3\,T^{--}$. On peut supposer naturellement qu'il s'agit tout simplement de la formation de tartrate d'aluminium : T^3Al^2. Mais comme le composé obtenu est aussi soluble que TNa^2 ou $Al^2(SO^4)^3$ et qu'il est moins stable, il est plausible de supposer qu'il est un composé complexe ayant pour for-

mule $(T^3Al)Al$, par analogie avec $(T^3Al)Na^3$ et $(T^3Fe)Na^3$ que nous avons étudiés. En effet, PO^4Na^2H ne peut précipiter que partiellement l'aluminium dans cette solution.

Puisque la réaction est lente, on a pu en étudier la cinétique, et l'on trouve que c'est une réaction monomoléculaire, au moins pour les premiers moments (la réaction est pratiquement terminée en 20 minutes). Mais si une molécule de sulfate se combine avec trois molécules de tartrate, la réaction doit être d'ordre plus élevé. L'idée vient que la réaction se fait en deux temps :

$$3T^{--} + Al^{+++} \rightleftharpoons (AlT^3)^{---},$$
$$(AlT^3)^{---} + Al^{+++} \rightleftharpoons (AlT^3)Al.$$

La première réaction est instantanée mais non complète; les ions complexes sont en petit nombre en comparaison avec les ions Al^{+++}, donc la réaction est monomoléculaire.

Pour étudier la stabilité de ce complexe gauche, des solutions de TNa^2 et de $Al^2(SO^4)^3$ à concentrations moléculaires différentes sont mélangées. Soient p le rapport entre les concentrations moléculaires du sulfate $\left(\text{rapporté à un ion } Al(SO^4)^{\frac{3}{2}}\right)$ et du tartrate, K_c la constante d'équilibre de la réaction

$$2Al^{+++} + 3T^{--} \rightleftharpoons (AlT^3)Al.$$

On trouve

p	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{4}{3}$	2
$K_c \times 10^4$	1,6	3,2	3,6	2,2

K_c varie avec les différentes valeurs de p et passe par un maximum. Ceci s'explique en tenant compte des coefficients d'activité des ions Al^{+++} et des ions T^{--}. En effet, on doit écrire la constante d'équilibre sous la forme

$$K = \frac{[Al^{+++}]^2[T^{--}]^3}{[\text{complexe}]} f_{+++}^2 f_{--}^3 = K_c f_{+++}^2 f_{--}^3,$$

où K_c est la constante d'équilibre sous la forme classique. On a donc $K_c = K/f_{+++}^2 f_{--}^3$. La concentration des ions T^{--} est la même dans différentes solutions, f_{--} doit l'être aussi. Le coefficient d'activité f_{+++} de Al^{+++} n'est pas constant, puisque la concentration moléculaire de sulfate varie de 1/4 à 1. Quand la concentration d'un ion croît à partir de zéro, le coefficient d'activité f décroît à partir de l'unité et passe par un minimum, il n'est donc pas surprenant que la constante K_c passe par un maximum.

MAGNÉTOCHIMIE. — *Sur la susceptibilité magnétique des ferrosiliciums riches en silicium.* Note de M. **Ch. Bedel**, présentée par M. A. Béhal.

Nous nous sommes proposé de déterminer la susceptibilité magnétique des ferrosiliciums riches en silicium, ce qui ne paraît pas avoir encore été effectué jusqu'ici.

Nous avons utilisé pour cette étude la balance magnétique de Curie et Chéneveau. Nous avons pu examiner des alliages à partir de 34 pour 100 de silicium à condition de nous servir successivement de deux couples de torsion : le premier constitué par un fil de platine de $0^{mm},2$ de section et de 30^{cm} de longueur, que nous avons employé depuis les alliages les plus riches jusqu'à ceux titrant 65 pour 100 de silicium; le second par un fil de laiton de même longueur et de $0^{mm},4$ de diamètre qui nous a servi pour les autres.

Comme substances étalon nous avons pris l'eau en adoptant pour coefficient d'aimantation spécifique $-0,720.10^{-6}$ puis le pyrophosphate de manganèse en prenant pour ce dernier corps le coefficient $+102,24.10^{-6}$.

Nous avons mis en expérience des ferrosiliciums que nous avions préparé par fusion au moyen de fer pur ne contenant que 0,03 pour 100 de carbone et de ferrosilicium titrant 1,38 pour 100 de fer. Nous avons examiné en outre un silicium à 99,86 pour 100 ne renfermant que 0,1 pour 100 de fer.

Pour amener ces produits à un état de division convenable (tamis n° 30) nous les avions concassés en ayant soin de les soustraire au contact du fer ou de la silice.

Les susceptibilités magnétiques rapportées à l'unité de masse ont été les suivantes :

Si pour 100.	$\chi.10^{-6}$.	Si pour 100.	$\chi.10^{-6}$.
34,64.........	+163,70	56,86...........	10,80
46,53.........	4,63	65,48...........	1,63
49,18.........	13,07	77,69...........	1,44
49,80.........	112,28	89,60...........	1,35
53,46.........	3,63	98,59...........	1,11
54,40.........	1,05	99,86...........	0,044

Tous ces alliages, même celui titrant 99,86 pour 100, qui ne renferme pourtant que 0,1 pour 100 de fer, sont donc paramagnétiques alors qu'on

sait, grâce aux travaux de M. Pascal ([1]), que le silicium rigoureusement pur doit être diamagnétique.

On remarque d'autre part que pour une teneur voisine de celle du composé Si^2Fe il se produit une forte augmentation de la susceptibilité.

Cette grande différence peut être due à des conditions particulières de refroidissement du produit fondu. Le traitement thermique, en effet, a une influence marquée sur cette valeur du moins pour les alliages voisins de cette composition. C'est ainsi qu'en amenant le ferrosilicium à 49,18 pour 100 une deuxième fois à fusion, nous avons obtenu un produit dont la susceptibilité n'était plus que de $2,20.10^{-6}$.

Ce même échantillon, maintenu plusieurs fois à 975° dans l'hydrogène puis trempé entre chaque chauffe, a fourni les valeurs croissantes suivantes :

Temps de chauffe.	$\chi.10^6$.
5 heures	6,22
10 »	8,84
15 »	11,18
20 »	90,95
47 »	115,89
56 »	120,20

Un refroidissement lent, au contraire, ne fait pas varier la susceptibilité magnétique : ainsi ce ferrosilicium, chauffé à 975° puis refroidi jusqu'à 625° en 2 heures 30, a donné le même résultat qu'avant traitement. La trempe à 625° agit de même.

Pour des ferrosiliciums, dont la teneur est supérieure à 56,80 pour 100, nous avons trouvé que le recuit à 975° suivi de trempe produit, au contraire, une diminution de la susceptibilité.

Nous avons déterminé alors la susceptibilité magnétique de ferrosiliciums dont la composition était comprise entre 46,53 et 89,60 pour 100 de silicium après les avoir recuits à 975° puis trempés jusqu'à ce que la valeur pour chacun d'eux reste sensiblement constante.

Nous avons obtenu les résultats suivants :

([1]) Pascal, *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 814.

Si pour 100.	Temps de chauffe.	$\chi.10^6$.
46,53	48 heures	22,64
49,18	56 »	120,20
49,80	10 »	134,07
53,46	24 »	7,83
54,40	16 »	3,44
56,86	16 »	2,38
65,48	8 »	0,91
77,69	8 »	0,55
89,60	8 »	0,43

On constate donc encore un maximum de la susceptibilité magnétique pour un alliage de composition voisine de 50 pour 100 en silicium, ce qui est en accord avec l'existence du siliciure Si^2Fe, admise par M. Lebeau (1), et que M. Phragmen (2) a pu mettre aussi en évidence au moyen des spectres des rayons X.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur l'existence d'un acétylacétonate de polonium.* Note (3) de M. **Servigne**, présentée par M. G. Urbain.

L'hydroxyde de polonium, évaporé à sec ou déposé par centrifugation de son hydrosol neutre et mis au contact d'une goutte d'acétylacétone pure, se dissout rapidement dans ce réactif, dans une proportion supérieure à 90 pour 100.

Il a paru intéressant de préciser la nature de cette nouvelle combinaison, de la comparer en particulier aux acétylacétonates complexes des autres métaux.

1° *Solubilité de la combinaison étudiée dans les solvants organiques.* — L'acétylacétone poloniée est évaporée à sec au bain-marie et le résidu repris par le chloroforme chaud.

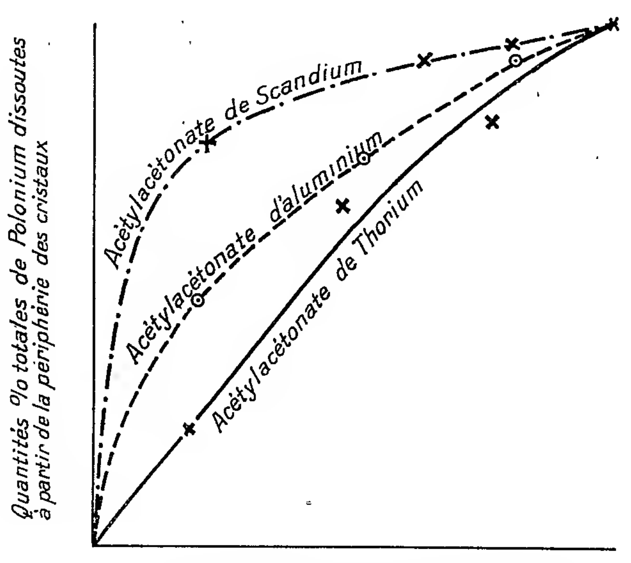
Après un premier épuisement par contact du solvant pendant quelques minutes, on a dissous 81 pour 100 du polonium déposé ; après un deuxième épuisement, 86,5 pour 100 ; après un troisième épuisement, 92 pour 100.

Le benzène, l'alcool, l'acétone et l'acétylacétone donnent des résultats analogues.

---

(1) Lebeau, *Ann. de Phys. et Chim.*, 7e série, 16, 1899, p. 457.
(2) Phragmen, *Järn Kontorets Annaler*, 1923, p. 121.
(3) Séance du 16 janvier 1933.

Après quelques filtrations successives de ces solutions à travers un filtre à analyse, on ne retrouve dans les mailles de celui-ci qu'une assez faible partie du polonium total (20 pour 100 dans le cas de la solution chloroformique après 3 filtrations). La majeure partie du polonium en solution ne se trouve donc pas à l'état colloïdal; par suite, dans les épuisements pré-



cédents, le passage du composé polonié dans la phase liquide paraît être une véritable dissolution.

Enfin, une lame d'argent tournant pendant 4 heures dans la solution chloroformique du composé ne recueille que 9 pour 100 du polonium total. Le composé étudié ne paraît donc pas être sensiblement ionisé dans ce solvant.

2. *Essais d'isomorphisme* (Guillot, *Journal de Chimie Physique*, 1930). — Pour l'étude des valences de l'élément polonium dans ce composé, j'ai eu recours à des essais d'isomorphisme avec les acétylacétonates connus.

Les métaux entraîneurs choisis ont été : le thorium (valence 4), l'aluminium et le scandium (valence 3). La préparation des composés cristallisés correspondants a été faite à partir des hydroxydes, auxquels on a d'abord incorporé du polonium. Après purification par cristallisations successives, les différents acétylacétonates ont été finalement obtenus en assez gros cristaux par évaporation lente de leur solution chloroformique ou alcoo-

lique. Ils ont été alors étudiés par la méthode de dissolution fractionnée [1] au point de vue de la répartition du polonium dans leur masse. Les résultats obtenus sont les suivants :

Les répartitions, en polonium dans les cristaux d'acétylacétonate de thorium et dans ceux d'acétylacétonate d'aluminium, sont très comparables, et ne permettent pas de conclure nettement en faveur d'un des deux entraîneurs.

En vue de préciser ce dernier point, j'ai donc effectué une cristallisation fractionnée sur le mélange des trois complexes : acétylacétonates de thorium, d'aluminium et de polonium.

Après trois tours de cristallisation opérés dans trois cristallisoirs, en utilisant la différence de solubilité de ces corps dans le benzène chaud et froid, on sépare très aisément l'acétylacétonate de thorium plus soluble qui vient se concentrer en tête, de celui d'aluminium moins soluble qu'on retrouve en queue.

Résultats de l'analyse de ces deux portions :

	Tête.	Queue.
Thorium (en ThO^2)	$0^g,2630$	traces
Polonium (en divisions/seconde à l'électroscope)	33	3,5
Aluminium (en Al^2O^3)	traces	$0^g,2505$

Le polonium se concentre donc nettement en tête avec le thorium.

Les résultats précédents établissent l'existence d'un acétylacétonate de polonium, complexe analogue à l'acétylacétonate de thorium, où le radio-élément semble avoir la valence 4.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la précipitation périodique de l'iodure mercurique.* Note de Mlle **Suzanne Veil**, présentée par M. G. Urbain.

La précipitation de l'iodure mercurique au sein de la gélatine à partir de chlorure mercurique et d'iodure de potassium, manifeste éventuellement un caractère de périodicité. Cependant deux facteurs viennent compliquer les phénomènes : d'une part, la solubilité du précipité formé dans chacun des réactifs intéressés et, d'autre part, sa propriété de comporter deux variétés allotropiques, respectivement jaune et rouge.

---

(1) *Loc. cit.*

La présente étude a eu pour objet l'examen des diverses circonstances de la réaction.

I. *Attaque mutuelle des réactifs par auréoles de diffusion.* — Lorsque, sur une couche de simple gélatine, on dépose, au voisinage l'une de l'autre, une goutte de chlorure mercurique et une goutte d'iodure de potassium, les deux réactifs s'attaquent bientôt par auréoles de diffusion, et la frontière commune des auréoles se marque par un dépôt d'iodure mercurique. Le dépôt, d'abord jaune, vire ensuite au rouge, pour emprunter finalement la forme d'une sorte d'accent circonflexe, qui comprendrait dans sa concavité la goutte primitive de chlorure mercurique. Aux extrémités des deux branches de l'accent, le précipité est susceptible de s'étaler selon deux aires plus ou moins étendues, et dans lesquelles, au microscope, on discerne des stries pouvant donner l'illusion de nervures. On peut prévoir que la périodicité, mise ainsi en évidence, doit se confirmer par des expériences d'attaque directe, consistant à déposer une goutte de l'un des réactifs sur une couche de gélatine imprégnée de l'autre. Selon les indications de la figure d'attaque qui vient d'être décrite, il sera avantageux de choisir l'iodure de potassium pour réactif-goutte, tandis que le chlorure mercurique imprégnera la gélatine.

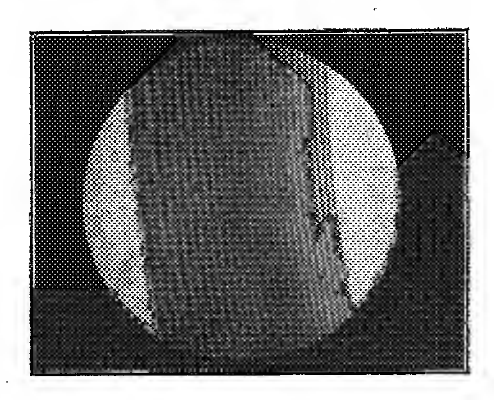
II. *Apposition d'une goutte d'iodure de potassium sur de la gélatine imprégnée de chlorure mercurique.* — Avec ce mode opératoire, et ainsi que l'a signalé Kisch (¹), on constate à un moment donné l'apparition d'une mince zone circulaire de précipité, ceignant à une certaine distance la goutte primitive d'iodure de potassium. La solubilité de l'iodure mercurique dans l'iodure de potassium, à l'état d'iodomercurate complexe, interdit en effet au précipité la proximité immédiate de la goutte. Le monoanneau d'abord jaune, puis rouge et qui, au cours des processus de diffusion, augmente progressivement de diamètre et de largeur, évoque dans une certaine mesure l'anneau de Saturne. En outre il convient de, signaler que dans des conditions expérimentales convenables, et conformément aux résultats de l'attaque par auréoles, ce monoanneau, devenu rouge a été trouvé présenter une structure striéée.

La figure reproduit la microphotographie d'un petit arc d'un monoanneau rouge strié, dont la largeur effective est de l'ordre du millimètre. On remarque l'accroissement des écarts mutuels et des largeurs des stries avec la distance à la goutte, progression précisément conforme à celle que

(¹) *Koll. Z.*, 49, 1929, p. 433.

manifestent certaines précipitations périodiques connues, et notamment la précipitation de Liesegang.

Les stries d'iodure mercurique, que le microscope révèle constituées de



Précipitation périodique de l'iodure mercurique en anneau de Saturne.
Microphotographie d'un petit arc.

cristaux individuels d'autant plus gros qu'ils deviennent plus lointains, ne sont observables que dans des limites expérimentales relativement restreintes. Lorsque ces stries deviennent assez larges pour se toucher, le monoanneau n'offre plus qu'un aspect compact.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude de l'équilibre cyanure-cyanamide.* Note (1) de MM. A. Perret et R. Perrot, présentée par M. G. Urbain.

Dans une précédente Note (2) nous avons montré que la cyanamide de lithium provenait d'une dégradation spontanée du cyanure sous l'action de la température. Le bien-fondé de cette interprétation a été établi rigoureusement par l'étude détaillée (3) de l'évolution du cyanure de lithium pur. En absence de fer, ce cyanure reste inaltéré jusqu'à 600° tandis qu'en sa présence à la teneur de 10 pour 100 il est intégralement transformé en cyanamide à 500° déjà. D'après les données bibliographiques concernant les cyanures de calcium et de baryum, l'apparition de cyanamide aux

(1) Séance du 16 janvier 1933.
(2) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 95.
(3) *Helv. Chim. Acta*, 15, 1932, p. 1165.

dépens de cyanure apparaît comme une propriété spécifique des éléments alcalino-terreux.

Nous nous sommes proposé l'étude de l'effet du fer sur les mélanges de chlorures de lithium ou alcalino-terreux anhydres avec le cyanure de sodium. La réaction attendue ici est la réciproque de celle proposée par Landis (¹) pour la fabrication industrielle des cyanures à partir de la cyanamide. Elle présente d'une part l'intérêt théorique de signaler l'existence d'une réaction d'échange d'anions entre les composants du mélange et d'autre part de préciser les domaines de coexistence des configurations cyanure et cyanamide.

Chlorure de lithium. — A la température de 570°, le mélange de 1^{mol} LiCl + 1^{mol} NaCN en présence de 35 pour 100 de fer en poudre présente en fonction du temps les teneurs en cyanamide suivantes :

Durée de chauffage	5 heures	13h.30m.	20 heures	30 heures
Li^2CN^2 (pour 100),	0,55	5,35	8,1	8,4

En l'absence de fer, la réaction ne s'accomplit pas.

Chlorure de calcium. — A la même température, le mélange de 1^{mol} $CaCl^2$ avec 2^{mol} NaCN en présence de 16 pour 100 de fer donne les résultats suivants :

Durée de chauffage	2 heures	6 heures	18 heures	48 heures
$CaCN^2$ (pour 100)	19,7	19,5	19,8	19,6

Cette réaction commence entre 420 et 440° et se produit déjà en l'absence de fer, mais avec des rendements plus faibles.

Chlorure de baryum. — Dans ces mêmes conditions, en présence de 15 pour 100 de fer, on obtient :

Durée de chauffage	2 heures	18 heures	39 heures
$BaCN^2$ (pour 100)	5,2	14,6	11,5

En l'absence de fer on ne constate pas de cyanamide.

Le chlorure de strontium se comporte d'une façon identique en donnant en 7 heures 10,9 pour 100 $SrCN^2$ en présence de 10 pour 100 de fer.

Chlorure de magnésium. — En aucun cas nous n'avons constaté l'apparition de cyanamide. Entre 400° et 560°, la seule réaction observée a été la formation de nitrure de magnésium accompagnée de dégagement d'azote

(¹) Brevet U. S. A. 1359257 (1920).

et de formation de carbone. Le rendement ne dépasse cependant jamais 10 pour 100.

Chlorure de glucinium. — L'évolution du mélange de ce chlorure avec le cyanure de sodium est très semblable à celle du cas précédent mais on constate en présence de fer un dégagement plus régulier d'azote à partir de 470°. Le cyanamide est également insaisissable et l'on n'obtient que le nitrure accompagné de carbone ([1]).

Chlorure de zinc. — Maintenu 15 heures à 550°, le mélange de $1^{mol}\,ZnCl^2$ et $2^{mol}\,NaCN$ additionné de 10 pour 100 de fer est exempt de cyanamide, mais est le siège d'une sublimation de zinc et de cyanure de zinc accompagnée de dégagement d'azote. Par contre après 2 heures de chauffage on observe des traces de cyanamide mais sa teneur atteint 19,6 pour 100 au bout de 4 heures pour décroître par la suite. L'évolution de ce système s'explique par l'instabilité des deux composés de zinc, carbone et azote, prenant part à la réaction. Le cyanure de zinc pur chauffé en présence de fer présente l'évolution suivante :

[Mélange : $0,5\,g.Zn(CN^2) + 0,3\,g.Fe$].

Température	450°.	545°.	570°.	600°.
Durée de réaction	3 heures	19 heures	23 heures	5 heures
Volume de gaz libéré, en cm^3	2,4	6,1	16,1	21,5

Le gaz ne consiste qu'en azote pur. L'intérieur du tube de réaction est recouvert d'un sublimé de $Zn(CN)^2$ mélangé de zinc. D'autre part, un échantillon de cyanamide de zinc à 95 pour 100, chauffé en présence de 10 pour 100 de fer à 600° pendant 18 heures, est transformé en Zn, carbone et azote à raison de 50 pour 100. De nombreux essais ont démontré que le passage de cyanure pur à la cyanamide est intimement lié à la présence de catalyseur, car le cyanure préparé par action de $(CN)^2$ sur de la limaille de Zn ne nous a jamais fourni de cyanamide.

Chlorure de cadmium. — Qualitativement le mélange de ce chlorure avec le cyanure de sodium en présence de fer subit une transformation identique à celle du cas précédent. Cependant la cyanamide a une persistance plus grande car, après chauffage de 20 heures à 550°, sa teneur atteint encore 2 pour 100. L'effet du fer sur la formation de cette dernière se manifeste très nettement dans son action sur le cyanure. A l'état pur, un chauffage

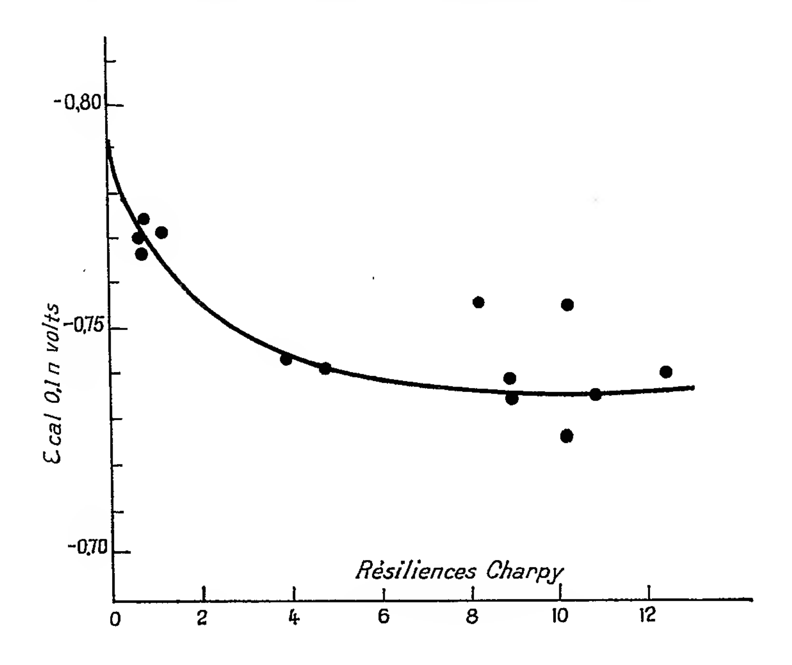
---

([1]) Le chlorure d'aluminium a présenté un comportement analogue.

à 580° ne le transforme qu'en Cd, carbone et azote, alors qu'en présence de fer on atteint en outre jusqu'à 19,4 pour 100 $CdCN^2$. Soumise longtemps à cette température, la cyanamide disparaît progressivement en se décomposant comme le cyanure.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la corrosion des soudures d'acier doux.* Note (¹) de M. **Francis Meunier**, présentée par M. Léon Guillet.

Les soudures autogènes en acier doux se révèlent souvent plus sensibles aux actions corrosives que les parties métalliques qu'elles assemblent. Nous avons soumis (²) à un essai de corrosion des assemblages soudés à l'arc électrique, à l'aide d'électrodes nues ou enrobées, permettant d'obtenir des



dépôts dont les qualités mécaniques sont très différentes. Chaque assemblage est constitué par une tôle d'acier Thomas soudée à une tôle Siemens-Martin. Par la méthode des immersions et des émersions successives, les échantillons ont été plongés toutes les trois minutes dans une solution de 3 pour 100 de NaCl. L'essai a duré environ un an. Il a été enregistré

(¹) Séance du 9 janvier 1933.

(²) Avec la collaboration de M. Colinet.

179.112 mouvements des plaques. On a compensé l'évaporation et éliminé périodiquement la rouille déposée dans les récipients.

Les résultats permettent de grouper les échantillons en trois catégories. Ceux de la première présentent une corrosion profonde de la soudure par rapport à la tôle voisine. Dans la seconde, la corrosion est localisée à quelques piqûres qui existaient déjà visiblement dans le métal déposé, mais qui se sont accentuées. Dans le dernier groupe enfin, on ne distingue pas de différence entre la soudure et les tôles adjacentes. Elles ont subi la corrosion de manière identique.

Ces constatations nous ont porté à croire que la sensibilité à la corrosion des soudures variait comme certaines de leurs propriétés mécaniques. Nous avons recherché s'il n'existait pas une relation entre la résilience et le potentiel électrolytique. La résilience Charpy a été déterminée sur barreaux soudés (10×10^{mm}) entaillés dans la soudure. Le potentiel électrolytique de la soudure a été mesuré en solution de KCl 0,1 *n*, par rapport à l'électrode au calomel à même concentration. Le potentiel d'équilibre a été déterminé en relevant la courbe potentiel-temps. Nous avons obtenu les résultats suivants qui confirment les essais de corrosion (voir la figure) :

Nos.	Potentiels à 18° volts.	Résiliences kgm/cm².	Nos.	Potentiels à 18° volts.	Résiliences kgm/cm².
1.........	−0,7742	0,8	8.......	−0,7257	10,2
2.........	−0,7676	0,8	9.......	−0,7413	12,5
3.........	−0,7707	1,2	10.......	−0,7554	10,2
4.........	−0,7418	4,8	11.......	−0,7377	9,0
5.........	−0,7564	8,3	12.......	−0,7441	4,0
6.........	−0,7368	10,9	13.......	−0,7356	9,0
7.........	−0,7700	0,8			

Nous croyons pouvoir interpréter ces résultats de la manière suivante. Le métal de l'électrode en fondant goutte à goutte s'oxyde superficiellement. L'oxyde ferreux se dissout dans le métal fondu. On sait que la solubilité de l'oxygène dans le fer à l'état solide est très faible (0,03 pour 100) [1]. Il y aura donc, au refroidissement, tendance à la saturation du grain en oxyde dissous. Il y aura même souvent une précipitation intercristalline de FeO en excès.

La soudure faite à l'aide d'électrodes non protégées (fil nu) est particulièrement exposée à l'oxydation. L'électrode de qualité réalise la protection

[1] Benedicks et Lofquist, *Z. Vereins. Deutsch. Ing.*, 71, 1927, p. 1577.

du métal et sa désoxydation ultérieure. Les piqûres observées dans certaines soudures sont dues à des bulles de gaz emprisonnées pendant la solidification. Elles proviennent d'un dégagement d'oxygène ou d'azote, ou plus vraisemblablement de l'oxyde de carbone issu de la réaction entre le carbone et l'oxyde ferreux dissous.

Les analyses des dépôts ainsi étudiés sont comparables quant aux éléments habituellement dosés. La richesse en oxygène dissous au contraire pouvait y être assez variable. C'est ce qu'a confirmé le dosage des gaz contenus dans des soudures faites avec des électrodes de même type (1).

Résiliences Charpy.	Gaz dissous pour 100. Oxygène.	Azote.
1 à 2	0,203 (*)	0,0711
8 à 9	0,117 à 0,139	0,0245
11 à 13	0,067 à 0,070	–

(*) Résultat correspondant à la solubilité de l'oxygène dans le fer à sa température de fusion (0,21 pour 100 à 1535°) (2).

Il apparaît donc bien que la sensibilité à la corrosion est commandée par la richesse en oxygène dissous, ainsi que la fragilité. Dans le cas des soudures d'acier doux (carbone sensiblement constant) la fragilité provient manifestement de l'oxyde ferreux dissous dans le grain ou précipité entre les grains. La corrosion par éléments locaux s'applique directement aux soudures oxydées, tandis que les soudures saines ont un potentiel normal. La corrosion à l'endroit des piqûres peut s'expliquer par l'effet de cavité seul (accès difficile à l'aération des solutions) mais aussi, par la richesse probablement plus grande en oxyde dissous, du métal à l'endroit où s'est formée la piqûre, avec formation d'un couple local dans la soudure elle-même.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la carburation dans les moteurs à explosion.* Note de M. **Charles Baron**, présentée par M. Léon Guillet.

Les carburateurs employés actuellement pour l'alimentation des moteurs à explosion ont un fonctionnement assez complexe qui ne produit pas la simple volatilisation de l'essence dans l'air, mais introduit également dans

(1) Ces analyses ont été effectuées par M. Kleinefenn.

(2) M. Herty et Gaines, *Tech. Publ.* 88; *Trans. A. I. M. M. E.*, 9, 1928, p. 78.

cet air des vésicules d'essence liquide; l'air carburé est donc constitué par un mélange tonnant dans lequel sont incorporées des particules liquides de carburant. Leur existence provoque évidemment un ralentissement dans l'explosion et ce ralentissement est, jusqu'à une certaine limite, favorable au rendement par un phénomène analogue à celui qui a fait le succès des poudres B; dans le cas qui nous occupe, il y a non seulement progressivité dans la combustion, mais, contrairement à ce qui se passe avec les poudres B, dispersion dans tout le volume des centres d'émission constitués par les particules.

La formation de ces particules dépend sans aucun doute de la viscosité du carburant et l'on ne peut guère expliquer que par la réduction de leur quantité les résultats de l'expérience suivante :

Si l'on ajoute à une essence légère de tourisme 5 pour 100 d'alcool butylique, dont la chaleur de combustion est de 8800 calories, on constate au banc d'essai une diminution de rendement du moteur de 6 à 7 pour 100 qui n'est aucunement en rapport avec la très petite variation de chaleur de combustion du mélange obtenu.

Le fonctionnement des particules considérées sera d'autant plus net qu'elles contiendront un corps dont le point d'ébullition sera notablement supérieur à celui de l'essence, car l'émission de gaz pour chaque particule sera ralentie jusqu'à ce que l'élévation de température provoque la vaporisation totale du carburant; l'expérience suivante paraît justifier ces considérations.

Si l'on ajoute à la même essence légère 5 pour 100 d'huile de vaseline de 0,885 de densité provenant d'hydrocarbures saturés ($C^nH^{2n}+2$) à point d'ébullition de 350°, on obtient une augmentation de rendement de 3 pour 100 qui persiste jusqu'au taux de 7,5 pour 100 et s'annule pour un taux de 10 pour 100.

Cette dernière expérience vient en tout cas à l'appui de ce que nous avons préconisé. Le fait de mélanger à l'essence un faible pourcentage d'huile additionnée d'un décalaminant comme le camphre, ou mieux son isomère liquide, la fenchone, en dehors des avantages présentés pour la conservation des cylindres du moteur, ne nuit en rien à la carburation et améliore légèrement le rendement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *La réaction du chlorure de thionyle sur le phénol.* Note de MM. **P. Carré** et **D. Libermann**, présentée par M. G. Urbain.

La réaction du chlorure de thionyle sur le phénol fut d'abord étudiée par Carius (¹) qui ne réussit pas à isoler de composé défini. Plus tard, Tassinari (²), puis Voswinkel (³), obtinrent par cette réaction plusieurs produits dont un seul a été identifié, le sulfure de *p.p'*-dioxydiphényle $(C^6H^4OH)^2S$. Voswinkel explique la formation de ce sulfure par une dissociation préalable du chlorure de thionyle, avec production de chlorure de soufre, SCl^2, qui réagirait ensuite sur le phénol. Cette interprétation est assez peu vraisemblable, car la dissociation du chlorure de thionyle ne commence que vers 150°, et la réaction du chlorure de thionyle sur le phénol se produit dès la température ordinaire.

Nous avons réussi à démontrer que la réaction du chlorure de thionyle sur le phénol fournit d'abord du chlorure de trioxytriphénylsulfonium, suivant l'équation (A)

$$(A)\qquad 3C^6H^5OH + 2SOCl^2 = (C^6H^4OH)^3SCl - SO^2 + 3HCl,$$

et que le sulfure de *p.p'*-dioxydiphényle provient de la décomposition de ce chlorure selon l'équation (B)

$$(B)\qquad (C^6H^4OH)^3SCl = (C^6H^4OH)^2S + C^6H^4(OH)(Cl).$$

Si l'on fait réagir, à la température ordinaire, des proportions équimoléculaires de phénol et de chlorure de thionyle, ou mieux 3 molécules de phénol et 2 molécules de chlorure de thionyle, jusqu'à cessation du dégagement gazeux, on peut isoler, par lavage à l'éther anhydre, une substance insoluble dans l'éther, extrêmement hygroscopique, se liquéfiant presque immédiatement à l'air et qui a été caractérisée par son dérivé tribenzoylé. Si l'on traite la solution de cette substance dans la pyridine par le chlorure de benzoyle, on obtient un dérivé tribenzoylé qui a été isolé à l'état de chloroplatinate fusible à 165-168°; ce chloroplatinate est identique avec le chloroplatinate du chlorure de tribenzoyltrioxytriphénylsulfonium $[(C^6H^5CO.O.C^6H^4)^3SCl]^2PtCl^4$, obtenu par Smiles et Le Rossignol (⁴), au moyen du produit de condensation du sulfoxyde de *p.p'*-dioxydiphényle $(C^6H^4OH)^2SO$, avec le phénol. Si l'on traite par le chlorure de benzoyle la solution de la même substance dans la soude, on obtient le

(¹) Carius, *Ann. Chem.*, 111, 1859, p. 93.
(²) Tassinari, *Gazz. Chim. Ital.*, 20, 1890, p. 362.
(³) Voswinkel, *Pharm. Zeits.*, 40, 1895, p. 241.
(⁴) Smiles et Le Rossignol, *J. Chem. Soc.*, 89, 1906, p. 697, 705.

dérivé tribenzoylé de l'hydrate de trioxytriphénylsulfonium

$$(C^6H^5CO.O.C^6H^4)^3S.OH + H^2O,$$

qui cristallise en tables fusibles à 35°, et qui cristallise anhydre dans l'éther de pétrole en petits cristaux fusibles à 128°.

Le chlorure de trioxytriphénylsulfonium se forme très probablement par le mécanisme suivant :

Le chlorure de thionyle réagirait d'abord avec le phénol pour former un chlorure d'acide sulfinique, qui se transposerait dans la forme quinonique, avec perte d'acide chlorhydrique, selon (1) :

$$(1)\quad C^6H^5OH + SOCl^2 = HCl + OH.C^6H^4.SOCl \rightarrow HCl + O = C^6H^4 = S = O,$$

ce dérivé quinonique étant ensuite condensé avec le phénol, par l'action du chlorure de thionyle, pour conduire au chlorure de trioxytriphénylsulfonium selon les équations (2)

$$(2)\quad \left\{ \begin{array}{l} O = C^6H^4 = S = O + 2C^6H^5OH + SOCl^2 \\ \quad = O = C^6H^4 = S(C^6H^4OH)^2 + SO^2 + 2HCl, \\ O = C^6H^4 = S(C^6H^4OH)^2 + HCl = (C^6H^4OH)^3SCl. \end{array} \right.$$

La résultante des équations (1) et (2) correspond bien à l'équation (A).

Ce mécanisme est confirmé par les faits suivants : Le dégagement de gaz sulfureux n'apparaît qu'un certain temps après que le dégagement de l'acide chlorhydrique a commencé. La quantité de gaz dégagée se rapproche de celle exigée par l'équation A, même lorsque la réaction est effectuée avec des proportions équimoléculaires de phénol et de chlorure de thionyle. Si l'on fait bouillir avec l'eau le produit en cours de réaction, on trouve une quantité notable d'acide sulfurique qui provient vraisemblablement de l'oxydation du gaz sulfureux par le composé quinonique.

Lorsqu'on soumet à la distillation dans le vide le produit de la réaction du chlorure de thionyle sur le phénol, il distille un mélange de chlorophénols ortho et para dans lequel domine l'isomère para; il reste du sulfure de *p.p'*-dioxydiphényle, fusible à 148° après purification. La présence d'une petite quantité d'*o*-chlorophénol, à côté du *p*-chlorophénol, indique que la réaction (1), qui se produit en majeure partie en para, a lieu aussi en ortho.

La réaction du chlorure de thionyle sur le phénol est différente lorsqu'elle est effectuée en présence de pyridine. On sait [1] que la réaction de 1^{mol} de chlorure de thionyle sur 2^{mol} de phénol, en présence de 2^{mol} de pyridine, fournit le sulfite neutre de phényle. L'un de nous a déjà indiqué [2] comme très probable la présence du chlorosulfite de phényle parmi les produits de la réaction de 1^{mol} de chlorure de thionyle sur 1^{mol} de phénol, en

---

(1) Richter, *D. ch. G.*, 49, 1916, p. 2339.

(2) P. Carré, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1835.

présence de 1^{mol} de pyridine. Ce mode de formation du chlorosulfite de phényle a été confirmé de la manière suivante : Si l'on effectue la réaction de proportions équimoléculaires de phénol, de chlorure de thionyle et de pyridine, dans l'éther anhydre, et si l'on fait ensuite passer un courant de gaz chlorhydrique sec afin d'assurer la précipitation totale de la pyridine à l'état de chlorhydrate, on peut, par rectification dans le vide, isoler un peu de chlorosulfite de phényle, à côté d'une assez grande proportion de sulfite neutre de phényle.

Comme l'ont indiqué Battegay et Denivelle [1], le chlorosulfite de phényle peut être distillé dans le vide sans décomposition, mais il se décompose facilement par la chaleur quand il conserve une trace de pyridine, ce qui était le cas du produit antérieurement préparé par nous [2]. Nous avions cru être les premiers à obtenir le chlorosulfite de phényle; MM. Battegay et Denivelle [1] avaient déjà préparé ce composé par une méthode différente de la nôtre ; leur antériorité nous avait échappé en raison du nom de chlorosulfinate donné par eux à un composé de la forme Ar.O.SOCl.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'oxychlorure de phosphore sur quelques aldéhydes.* Note de M. **M. Backès**, présentée par M. G. Urbain.

L'action de l'oxychlorure de phosphore varie suivant le nombre de substitutions réalisées sur l'atome de carbone en α de l'aldéhyde. Si ce carbone est encore porteur d'hydrogène, l'oxychlorure se comporte comme un fort agent d'aldolisation. Si ce carbone est entièrement substitué, l'oxychlorure agit comme chlorurant. Les réactions ont été examinées pour le propanal, le *n*-butanal, l'isobutanal, l'heptanal, l'aldéhyde benzoïque et l'éthanal.

1. *Action de l'oxychlorure de phosphore sur le propanal.* — On obtient une huile mobile qui donne par distillation dans le vide deux fractions principales :

La première passe de 80 à 90° sous 22^{mm} : c'est l'aldol du propanal (méthyl-2-pentanol-3-al-1). L'autre passe de 150 à 160° sous 17^{mm} : c'est le dimère de cet aldol. La quantité d'aldol dimérisé augmente avec le nombre de distillations.

---

(1) Battegay et Denivelle, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 192.

(2) P. Carré et D. Libermann, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 799.

Analyse. — Les deux fractions ont même composition centésimale. Trouvé : C, 62,1 pour 100; H, 10,4 pour 100. Calculé pour $C^6H^{12}O^2$: C, 62,07 pour 100; H, 10,3 pour 100. Poids moléculaire par cryoscopie dans le benzène : Trouvé pour la fraction 80-90° (22^{mm}) : 115; calculé pour $C^6H^{12}O^2$: 1016. Trouvé pour la fraction 150-160° (17^{mm}), 233; calculé pour $(C^6H^{12}O^2)^2$, 232.

Dérivés caractéristiques : Les semicarbazones des aldols se préparent facilement. Ce sont des produits gommeux décomposables par la chaleur.

La 2.4-dinitrophénylhydrazine fournit des 2.4-dinitrophénylhydrazones qui se présentent sous forme de petits cristaux à point de fusion net. La 2.4-dinitrophénylhydrazone de l'aldol du propanal est une poudre cristalline rouge clair; elle fond à 161°.

L'aldol ainsi obtenu réagit à son tour avec l'oxychlorure de phosphore. Le produit de la réaction est un aldéhyde non saturé : l'α-méthyl β-éthylacroléine. Il bout à 41°,5 sous 17^{mm}. Sa semicarbazone fond à 207°.

2. *Action de l'oxychlorure de phosphore sur le n-butanal.* — La réaction conduit directement à l'aldéhyde non saturé : l'α-éthyl-β-propylacroléine. Point d'ébullition : 68° sous 19^{mm}.

Analyse. — Trouvé : C, 76,1 pour 100; H, 11,2 pour 100. Calculé pour $C^8H^{14}O$: C, 76,19 pour 100; H, 11,1 pour 100.

Poids moléculaire : Trouvé, 128; calculé pour $C^8H^{14}O$, 126.

La 2.4-dinitrophénylhydrazone de l'α-éthyl-β-propylacroléine est une poudre cristalline rouge brun, qui fond à 122°. La semicarbazone fond à 153°,5.

3. *Action de l'oxychlorure de phosphore sur l'isobutanal.* — L'aldol formé au contact de l'oxychlorure se dimérise immédiatement. Dans des conditions de température assez difficiles à réaliser, ce dimère du triméthyl-2.2.4-pentanol-3-al-1 a été obtenu passagèrement à l'état cristallisé. Le point d'ébullition est situé aux environs de 160° sous 4^{mm}. L'incertitude est due à la complexité de la distillation, phénomène déjà décrit par L. Kohn (*Monatsh. Chem.*, 1900, p. 83).

Analyse. — Trouvé : C, 66,7 pour 100, H, 11,1 pour 100. Calculé pour $C^8H^{16}O^2$: C, 66,6 pour 100; H, 11,1 pour 100.

Poids moléculaire : Trouvé, 283; calculé pour $(C^8H^{16}O^2)^2$, 288.

La 2.4-dinitrophénylhydrazone du triméthyl-2.2.4-pentanol-3-al-1 est jaune orange. Elle fond à 177°.

4. *Action de l'oxychlorure de phosphore sur l'heptanal.* — Le produit de cette réaction est l'aldol de l'heptanal, c'est-à-dire l'amyl-2-nonanol-3-al-1 ainsi que son dimère. L'aldol monomère est une huile mobile qui bout à 103-106° sous environ $0^{mm},5$. Le dimère est visqueux. Il bout sous

la même pression aux environs de 185°, l'imprécision étant due aux causes déjà citées pour l'aldol de l'isobutanal. L'importance de la fraction dimérisée augmente avec le nombre de distillations.

Analyse. — Les deux fractions ont même composition centésimale. Trouvé : C, 73,3 pour 100; H, 12,1 pour 100. Calculé pour $C^{14}H^{28}O^2$: C, 73,3 pour 100; H, 12,3 pour 100.

Poids moléculaire. Trouvé pour la fraction 103-106° ($0^{mm},5$), 226; calculé pour $C^{14}H^{28}O^2$, 228. Trouvé pour la fraction 160-185° ($0^{mm},5$), 421; calculé pour $(C^{14}H^{28}O^2)^2$, 456.

La 2.4-dinitrophénylhydrazone de l'amyl-2-nonanol-3-al-1 se présente sous forme de petits cristaux rouge ocre qui fondent à 124°,5.

Parmi les composés cités dans cette Note, il y en a quelques-uns qui n'ont pas encore été décrits. Ce sont notamment : 1° l'amyl-2-nonanol-3-al-1; 2° son dimère; 3° les 2.4-dinitrophényl-hydrazones des aldols mentionnés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la pyrogénation brusque du cétène.* Note (1) de M. **J. A. Muller** et Mlle **Églantine Peytral**, présentée par M. Paul Sabatier.

On admet généralement que le cétène, vers 1000°, se décompose uniquement en oxyde de carbone et éthylène, suivant l'équation

$$2COCH^2 = 2CO + C^2H^4.$$

Or de nombreuses expériences nous ont montré que cette décomposition était loin d'être aussi simple, même quand elle se produit dans un intervalle de temps de quelques millièmes de seconde seulement.

Les expériences dont il s'agit, et qu'il est du reste difficile de réaliser dans des conditions exactement semblables, ont été faites avec du cétène pur, obtenu par pyrogénation brusque de l'anhydride acétique en suivant le procédé indiqué par l'un de nous (2).

Pour pyrogéner le cétène dans un intervalle de temps de 2 à 3 millièmes de seconde, on faisait passer rapidement ce gaz dans un tube en platine, de 2^{mm} de diamètre intérieur, chauffé vers 1150° sur une longueur de 11^{cm} et

(1) Séance du 16 janvier 1933.

(2) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 1199.

communiquant avec un serpentin et un réservoir en platine pleins d'azote; les gaz étaient reçus, sous un vide partiel, sur le mercure, en présence d'un peu de lessive de potasse destinée à absorber le cétène non décomposé, cétène dont la proportion représentait environ les 9/10ᵉ du cétène mis en expérience.

Le tableau suivant indique la composition centésimale, en volume, des gaz obtenus dans des conditions aussi semblables que possible et dont l'analyse a été contrôlée, pour chaque expérience, par un dosage de carbone.

C^2H^4	19,6	20,6	24,0	22,8
C^2H^2	4,3	2,3	1,9	2,4
CO	66,1	65,8	62,7	60,9
CH^4	8,0	9,1	8,8	10,6
H^2	2,0	2,2	2,6	3,3

La présence constante, dans les gaz analysés, de quantités notables de méthane montre que la réaction primaire, due à la pyrogénation, consiste en la dissociation de la molécule de cétène en ses radicaux constituants, carbonyle et méthène dont le dernier, instable, se combine, en partie, à de l'hydrogène libre du mélange gazeux pour former du méthane alors que la majeure partie se polymérise en formant principalement de l'éthylène et, après perte d'hydrogène, de l'acétylène et de petites quantités de composés très condensés et même de charbon graphitique qui se forme surtout au voisinage immédiat des parois, chauffées à température élevée, du tube en platine; la proportion de ce charbon augmente du reste notablement quand on diminue la vitesse de passage du cétène dans le tube.

Il résulte donc des expériences faites sur la pyrogénation du cétène que la molécule de ce gaz, soumise brusquement à l'action d'une température élevée, commence par se scinder, le plus simplement possible, avec la moindre déformation, en ses deux radicaux constituants, carbonyle et méthène.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Structure cristalline du ferrite de sodium.* Note de M. S. Goldsztaub.

Van Bemmelen et Klobbie [1], en traitant le sesquioxyde de fer par la soude fondue à la température du rouge sombre, ont obtenu des cristaux

[1] *Journ. pr. Chem.*, 46, 1892, p. 497.

rouges microscopiques (inférieurs à 30 μ) probablement hexagonaux ou rhomboédriques, uniaxes negatifs. L'analyse chimique donne la formule Fe^2O^3, Na^2O.

En prolongeant suffisamment la durée du chauffage, j'ai réussi à préparer des cristaux de plus de 1^{mm}, se prêtant bien à l'étude aux rayons X.

Un cliché de Laue obtenu avec le faisceau de rayons X normal à l'applatissement du cristal, montre une symétrie ternaire, ce qui conduit à ranger ces cristaux dans le système rhomboédrique. Des clichés obtenus avec le cristal tournant autour des rangées $[1\,1\,\bar{2}]$ et $[1\,\bar{1}\,0]$ ont permis de déterminer la dimension de la maille : rhomboèdre d'arête $a = 5{,}59$ Å et dont l'angle des arêtes $\alpha = 35°20'$. La densité déterminée en faisant flotter un cristal de ferrite dans la liqueur de Clerici (formiate et malonate de thallium) est de 4,23. En admettant pour les cristaux de ferrite de sodium la composition donnée par V. Bemmelen et Klobbie $Fe^2O^3\,Na^2O$ et supposant que la maille contient 1 atome Fe, 2 atomes O et 1 atome Na, on trouve pour la densité calculée 4,3.

Les diagrammes de cristal tournant ne présentant pas de disparitions systématiques de taches, le groupe de symétrie D^5 $R\bar{3}m$. Les conditions de symétrie permettent alors de déterminer l'arrangement des atomes dans la maille. Il existe deux points seulement sans degré de liberté : ce sont le centre et les sommets du rhomboèdre où nous placerons, respectivement, les atomes Na et Fe. Les deux atomes d'oxygène seront disposés sur l'axe ternaire, symétriquement, de part et d'autre, du centre à une distance u. Pour rendre compte des intensités des taches des diagrammes (celles qui ont des caractéristiques dont la somme est 9 sont nulles ou très faibles), on est conduit à attribuer au paramètre u les valeurs 2/9 et 4/9, mais seule la valeur 2/9 est en accord avec les diamètres atomiques. (Pour $u = 2/9$ la distance Fe — O est 1,95 Å.)

Les coordonnées des différents atomes sont donc :

$$\text{Na } 0, 0, 0; \quad \text{Fe } \frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}; \quad \text{O} \begin{cases} \frac{2}{9}, \frac{2}{9}, \frac{2}{9}, \\ -\frac{2}{9}, -\frac{2}{9}, -\frac{2}{9}. \end{cases}$$

Cette structure comporte parallèlement à $a^1(111)$ des couches d'oxygène distantes alternativement de 1/9 et de 2/9. Deux couches séparées par l'intervalle de 1/9 renferment les atomes de fer disposés à égale distance de

6 atomes d'oxygène occupant les sommets d'un octaèdre quasi régulier. L'ensemble de ces deux couches d'oxygène, comprenant les atomes Fe constitue un feuillet à qui on peut attribuer la formule FeO^2.

Les atomes Na sont placés dans les grands intervalles 2/9 qui séparent deux feuillets FeO^2 consécutifs. Ils se trouvent, eux aussi, entre 6 atomes d'oxygène placés aux sommets d'octaèdre très allongés dans la direction de l'axe ternaire.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur l'orientation des cristaux de substances organiques se déposant au contact d'un minéral à structure ionique.* Note de M. **L. Royer**, transmise par M. Pierre Weiss.

1. Les nombreux essais que j'ai effectués sur l'orientation mutuelle de cristaux d'espèces différentes [1] mènent à la conclusion que fort probablement le mode d'enchaînement des éléments du cristal entre eux est un des facteurs qui intervient dans le phénomène. En effet, tous les faits expérimentaux établis jusqu'ici semblent démontrer que l'épitaxie est liée à la présence nécessaire dans l'une et l'autre espèce de liaisons ioniques, hétéropolaires.

Or, dans les cristaux des substances organiques la liaison des particules peut se faire de deux manières différentes.

Les substances organiques qui montrent une ionisation en solution donnent des édifices cristallins constitués par un assemblage d'ions complexes. La cohésion du cristal y est déterminée par les actions électrostatiques qui existent entre les radicaux de signes contraires. (Radikaliongitter des auteurs de langue allemande.)

Par contre, les substances organiques dont les solutions sont dépourvues de toute ionisation donnent des cristaux qui résultent d'un assemblage de molécules électriquement neutres. (Molekülgitter.)

Si donc dans le phénomène de l'orientation mutuelle le mode d'enchaînement dans les deux cristaux intervient à la manière définie ci-dessus, il doit être possible en faisant cristalliser des cristaux organiques du premier type au contact de minéraux convenablement choisis, tels que la calcite, la

(1) *Bull. Soc. franç. de Minéralogie*, 51, 1928, p. 7-159, et *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 620-621 et 1088-1090.

blende, le mica et d'autres, d'obtenir une orientation du cristal organique par l'un ou plusieurs de ces minéraux.

Rien de semblable par contre ne pourra se réaliser avec des cristaux organiques du second type.

C'est bien ce que l'expérience semble confirmer.

2. C'est ainsi que parmi les cristaux organiques à structure ionique j'ai pu observer les orientations de l'hydroquinone par la calcite et de la thiourée par la blende.

a. L'hydroquinone est trimorphe; l'une des modifications s'obtient par cristallisation à partir d'une solution d'hydroquinone dans l'alcool méthylique à température ordinaire. Les cristaux ainsi obtenus sont de symétrie sénaire; le prisme hexagonal y prédomine. Seule cette modification à l'exclusion des deux autres s'oriente sur un clivage frais de calcite.

L'orientation se fait de telle sorte que la face du prisme $(10\bar{1}0)$ de l'hydroquinone coïncide avec le plan $p(100)$ de la calcite; en outre, la rangée [0001] du cristal d'hydroquinone a même direction que la grande diagonale du losange qui constitue la face $p(100)$ de la calcite.

Or le paramètre de l'hydroquinone dans la direction [0001] est de 5,53 Å tandis que celui de la calcite est de 4,98 Å suivant la grande diagonale du plan $p(100)$; dans les directions perpendiculaires on a dans la calcite un paramètre de 4,04 Å et dans l'hydroquinone de 16,25 Å; ce dernier est donc sensiblement égal à quatre fois celui de la calcite. (16,25 Å au lieu de $4 \times 4{,}04$ Å = 16,16 Å.)

Il y a donc dans le plan $p(100)$ de la calcite une maille plane multiple qui a même forme et sensiblement mêmes dimensions que la maille élémentaire du plan $(10\bar{1}0)$ de l'hydroquinone.

La même orientation s'observe encore sur un clivage frais de nitre $NaNO^3$; les paramètres correspondants ont pour valeurs dans les deux espèces 5,15 Å et 5,53 Å d'une part; 4,13 Å ($4 \times 4{,}13$ Å = 16,52 Å) et 16,25 Å d'autre part.

Par contre l'hydroquinone ne donne aucune orientation sur les autres carbonates rhomboédriques homéomorphes de la calcite. Dans ces derniers le paramètre suivant la grande diagonale de la face $p(100)$ est plus petit que dans la calcite; la différenee avec le paramètre de [0001] de l'hydroquinone est alors trop grande pour qu'il puisse encore y avoir orientation.

b. Si l'on abandonne à la cristallisation une solution de thiourée dans

l'alcool méthylique au contact d'une face de clivage fraîche et bien plane de blende, les cristaux orthorhombiques de thiourée qui se déposent sont orientés par la blende.

Le plan p (001) des cristaux coïncide avec b^1 (110) de la blende; en outre les rangées [100] et [010] des cristaux de thiourée ont même direction que les rangées [001] et $[1\bar{1}0]$ de la blende.

Les valeurs des paramètres qui se correspondent ainsi dans les deux espèces sont 5,47 Å (thiourée) et 5,42 Å (blende) d'une part, 7, 64 Å (thiourée) et 3,82 Å (blende) d'autre part.

Comme 7,64 Å est le double de 3,82 Å, on voit que dans l'orientation de la thiourée par la blende, il existe comme toujours, dans le plan d'accolement, deux mailles planes qui sont quasi identiques en forme et dimensions dans les deux espèces.

3. Tous les essais d'orientation par le sel gemme, la sylvine, la blende, la fluorine, la galène, la calcite, le mica entrepris avec des substances organiques dont les cristaux sont formés par un assemblage de molécules électriquement neutres, sont restés sans résultats.

Ainsi la naphtaline, le fluorène, l'anthracène, le phénanthrène et le camphre se déposent sur ces minéraux toujours en cristaux non orientés, même dans les cas où les conditions géométriques sont telles que l'on devrait s'attendre à ce qu'il se fasse un dépôt orienté.

Remarque au sujet de la Note précédente, par M. G. **Friedel**.

Je crois utile d'attirer l'attention sur l'importance du résultat des observations de M. Royer. L'épitaxie (orientation mutuelle de deux espèces cristallines lors de la cristallisation de l'une sur l'autre) ne se produit que lorsque les deux espèces comportent des liaisons hétéropolaires; elle n'a jamais été observée, jusqu'à présent, lorsque les liaisons de l'une ou des deux espèces sont exclusivement de type homopolaire. Il y a là assurément une constatation négative, et qui par suite peut se trouver démentie par des observations nouvelles. Mais les observations sont aseez nombreuses aujourd'hui pour qu'on puisse considérer comme extrêmement probable que l'épitaxie est nécessairement liée à la présence, dans le cristal porteur et dans le cristal porté, de liaisons hétéropolaires.

Bien entendu, elle exige en outre que soient remplies les conditions géométriques que M. Royer a contribué à préciser. Mais ces conditions géomé-

triques comportent des tolérances assez larges pour qu'il soit en général facile, une espèce étant donnée, d'en trouver une autre qui y satisfasse.

Le chimiste a donc, désormais, dans l'observation très simple de l'épitaxie, un moyen physique nouveau de distinguer l'un de l'autre les deux types de liaisons.

GÉOLOGIE. — *Sur un important ravinement au cours du Stampien dans le Bassin de Paris*. Note de M[lle] **Henriette Alimen**, présentée par M. Ch. Jacob.

Dans une Note précédente (¹), j'ai indiqué que l'étude de la faune me conduit à ne conserver dans le Stampien que deux horizons. L'existence d'un ravinement, que je parallélise avec le renouvellement faunistique de Pierrefitte, me paraît militer aussi en faveur d'une telle coupure.

D'abord, dans la région d'Étampes, la couche fossilifère de Pierrefitte correspond à un faciès côtier, ainsi qu'en témoignent la stratification entrecroisée des sables et les nombreux galets roulés qu'ils renferment. La présence d'*Ostrea cyathula* souligne le caractère transgressif de cette formation, dont les relations avec les couches sous-jacentes ne sont pas visibles à Pierrefitte. Mais un peu en aval de Pierrefitte, sur la rive gauche de la vallée de la Chalouette, au niveau du point 79 de la Carte d'État-Major, une petite coupe montre une zone de galets sans fossiles, prolongement de celle de Pierrefitte, qui recoupe par ravinement net les couches horizontales des sables qui lui sont inférieures. Cette mince couche de galets et la zone de sables à stratification entrecroisée se retrouvent isolément ou associées au Sud d'Étampes, notamment à Vauroux, juste au-dessus du niveau fossilifère principal de cette localité.

Au Nord d'Étampes, les traces de ravinement n'avaient pas échappé aux géologues qui ont étudié la région. Tournouër (²) en a situé l'époque entre les niveaux de Jeurre et de Morigny; Cosmann et Lambert (³), après la zone de Morigny. Ces derniers auteurs supposent, tout en notant qu'ils n'ont pas constaté la superposition, que les sables de Vauroux reposent sur la couche ravinante des *sables à galets d'Étrechy*. Or le soubassement de la couche fossilifère de Vauroux ne m'a montré que des sables blancs homo-

(¹) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1398.
(²) *Bull. Soc. géol. France*, 3ᵉ série, 6, 1878, p. 674.
(³) *Mémoires de la Soc. géol. France*, 3ᵉ série, 3, 1884, p. 16 et 22.

gènes. Nulle part je n'ai vu le ravinement de Pierrefitte superposé à un ravinement antérieur. Je pense donc qu'il s'agit d'un même épisode. S'il en est bien ainsi, les sables à galets d'Étrechy sont l'équivalent du niveau de galets de la vallée de la Chalouette. Leur ensemble représente le conglomérat de base du Stampien supérieur qui repose donc : jusque sur la mollasse d'Étrechy, d'après Cossmann et Lambert (1), sur le niveau de Jeurre à Anvers-Saint-Georges, sur le niveau de Morigny aux environs du château de Jeurre, au-dessus du niveau fossilifère de Vauroux au Sud d'Étampes. Nous constatons ainsi une érosion beaucoup plus profonde du Stampien inférieur autour d'Étrechy qu'autour de Pierrefitte, avec d'ailleurs un conglomérat de base de moins en moins épais quand on va du Nord au Sud d'Étampes. L'émersion de la fin du Stampien inférieur paraît donc avoir individualisé un bombement anticlinal vers Étrechy, une région synclinale vers Pierrefitte.

En dehors de cette région d'Étampes, il a été signalé un ravinement à Villecresnes, aux environs de Villeneuve-Saint-Georges où Tournouër a vu les sables stampiens reposer sur la marne verte (2) et à Romainville où Dollfus a décrit des grès discordants sur des sables stampiens (3).

Sur ces deux points, seul le Fort de Romainville a fourni des fossiles, dans les grès immédiatement postérieurs au ravinement. La liste la plus complète en a été publiée par R. Soyer (4), qui la considère comme correspondant au niveau de Vauroux. Or cette liste fournit, avec des fossiles communs à tous les niveaux du Stampien, quelques espèces qui, à Étampes, ne descendent pas au-desous de Pierrefitte : *Corbulomya donaciformis* Nyst. (*C. Morleti* St. M.), *Tellina trigonula* St. M., *Jouannetia Fremyi* St. M., mais aussi *Lucina tenuistriata* Héb. et *Psammobia stampinensis* Desh., qui paraissent bien caractériser le Stampien inférieur. Cette association indique une faune de passage du Stampien inférieur au Stampien supérieur. C'est donc à cette date que je rapporterai le ravinement de Romainville et probablement celui de Villecresnes.

Le ravinement de Pierrefitte, par les caractères de la faune superposée, apparaît légèrement postérieur, ce qui s'accorde avec le fait que la mer a envahi le centre du bassin de Paris avant d'atteindre la région d'Étampes.

---

(1) Coss et Lambert, *op. cit.*, p. 16.
(2) Tournouër, *op. cit.*, p. 673.
(3) Dollfus, *Congrès géol. intern. de Berlin*, 1885, p. 179.
(4) *Bull. Mus. Histoire naturelle*, 2e série, 3, 1931, p. 200.

L'invasion marine de la base du Stampien supérieur est évidemment la cause à laquelle nous devons attribuer l'apport des éléments faunistiques nouveaux de Pierrefitte.

Une seconde émersion se fait dans la région d'Étampes vers la fin du Stampien supérieur, suivie du léger retour offensif de la mer dessalée d'Ormoy. Nous en trouvons des preuves dans des zones de stratification entrecroisée et dans le conglomérat de base que constituent les *sables à galets de Saclas* de Cossmann et Lambert. Mais la transgression d'Ormoy est loin d'avoir l'importance de celle qui marque le début du Stampien supérieur. Elle n'est que le prélude de la transgression vers le Sud des eaux du Lac de Beauce.

PRÉHISTOIRE EXPÉRIMENTALE. — *Fabrication voulue d'une sculpture de la sole d'un sabot d'Équidé sur granite à l'aide d'un seul outillage en pierre.* Note de M. **Marcel Baudouin**, présentée par M. Charles Richet.

On trouve sur les rochers granitiques et autres de France et de l'étranger des sculptures sur roches, parfois très belles, représentant des sabots d'Équidés. Le type de ce genre de travail d'art préhistorique est le sabot d'Équidé de l'Ile-d'Yeu (Vendée), qui se trouve au Grand Chiron des Chauvitelières et que j'ai décrit complètement dans un Mémoire spécial dès 1909 (*B. S. P. F.*, 1909, VI, p. 238-260, 6 fig.).

Après avoir réussi à fabriquer dès 1907-1909, à l'Ile-d'Yeu, sur place, assez facilement, une autre sculpture sur rocher qu'on appelle *cupule* (*B. S. P. F.*, 1916, p. 489-90), simple cavité régulière, à fond poli, en verre de montre, j'ai eu récemment l'idée d'essayer de fabriquer, sur le granite même de l'Ile-d'Yeu, qui est un granite schisteux très feuilleté, un petit sabot d'Équidé, deux tiers de grandeur environ, à l'aide de simples outils en pierre. C'est la première fois que pareille tentative *expérimentale* est réalisée.

Il m'a suffi d'utiliser un petit bloc de granite, apporté de l'Ile-d'Yeu en 1909, conservé en collection, et d'employer simplement pour débuter un gros percuteur en grès cénomanien; puis, pour terminer, un caillou en silex sénonien noir, venant de la station préhistorique sous-marine de Saint-Gilles-sur-Vie (Vendée), bien taillé, à angles multiples, très tranchants, du type de ce qu'on appelle des « Pierres de jet », d'époque girienne.

Le premier instrument pesait 830^g, poids trop lourd; le second 130^g, poids un peu trop léger d'ailleurs.

J'ai réussi à obtenir un petit sabot d'Equidé, bien ébauché, au bout d'une heure de travail ininterrompu, les mains se remplaçant l'une l'autre pour la percussion du granite dans les points voulus. Le travail est plus minutieux que pour les cupules [1], mais facilement réalisable. En écrasant sous le percuteur ou en rodant la roche au silex à bords très tranchants, on obtint une *poussière* de granite et de silex très fine, dont le poids total (elle fut recueillie avec soin) est de 10^g.

Voici les dimensions de la sculpture obtenue à la percussion et au rodage :

Hauteur totale du sabot, 70^{mm}; largeur maximum à la pince, 60^{mm}, et aux talons, 50^{mm}; écart des talons (milieu des bords), 35^{mm}; hauteur de la sole, 50^{mm}; largeur de la gouttière limitante : à la pince, 20^{mm}; aux bords, 15^{mm}; profondeur de la gouttière creusée, 5^{mm} (maximum).

Des parties très résistantes (feldspath) n'ont pu être ni écrasées, ni érodées et sont restées presque intactes. Mais un écrasement plus prolongé les aurait fait disparaître. Le résultat obtenu est très satisfaisant, car le rodage intense a amené un très beau poli au niveau des creux. Patiné par le temps, ce poli serait comparable à celui des vraies sculptures de l'âge de la Pierre. La sculpture d'une cupule peut être réalisée par n'importe qui; celle d'une figure ovalaire, à *orientation voulue* et à *grand axe fixé d'avance*, exige un travail plus minutieux, plus précis, qui n'est guère à la portée que d'un spécialiste, au point de vue de l'art tout au moins.

C'est là la preuve que les Préhistoriques ont pu, à l'âge de la Pierre, fabriquer cupules et images de sabots d'animaux.

ÉCONOMIE RURALE. — *La valeur comparée des divers aliments protéiques dans la croissance*. Note de M. **Émile F. Terroine** et Mlle **Simone Valla**, présentée par M. Lapicque.

Bien que considérable, le nombre des recherches poursuivies jusqu'ici sur l'aptitude des matières protéiques à la croissance ne permet point encore d'attribuer à chacune d'elles un coefficient caractéristique. Nous en dirons ailleurs les raisons, dans un exposé critique. Nous avons donc repris l'étude de cette question, étant bien entendu qu'il ne s'agit point de refaire ce que nos devanciers ont fort bien fait, comparer la valeur alimentaire globale de divers produits, mais préciser dans chaque aliment naturel la qualité des protéines qu'il renferme.

(1) *Le Phare*, Nantes, Éd. de Vendée, 10 janvier 1933.

Le porcelet de 15kg environ fut choisi comme sujet d'essai. Les expériences portent sur 18 substances. Faites en double pour chacune d'elles, elles sont conduites d'une manière identique. Trois périodes, d'une semaine environ, au cours desquelles l'alimentation riche en glucides (150 cal. env.), en sels et en vitamines renferme toujours une même quantité d'azote (8g environ). Les périodes ne diffèrent uniquement entre elles que par la nature de l'aliment azoté : lait écrémé dans la première et la dernière, une des autres matières étudiées dans la seconde. Nous avons calculé le *coefficient de digestibilité* (N absorbé/N ingéré × 100), le *coefficient de rétention* (N retenu/N absorbé × 100), le *coefficient d'utilisation pratique* (N retenu/N ingéré × 100).

	Coefficients			Pour les albumines totales du lait étant 100-coefficients		
Nature des aliments protéiques.	d'utilisation digestive.	de rétention.	d'utilisation pratique.	d'utilisation digestive.	de rétention.	d'utilisation pratique.
Aliments d'origine animale.						
Albumines totales du lait (moyenne de 72 mesures)	96,5	67,6	62,7	100	100	100
Caséine	99,8	50,4	50,3	100,1	78,4	78,6
Viande de bœuf	94,7	49,5	46,9	97,8	77,0	75,3
Albumines totales du blanc d'œuf	96,0	46,3	44,6	99,2	71,9	70,8
Céréales.						
Farine fine d'orge	95,2	45,6	43,5	98,4	65,9	64,7
Farine d'orge entière	83,3	41,3	34,0	85,6	65,1	55,1
Farine fine de seigle	88,3	38,4	33,8	91,4	59,5	54,0
Fleur de farine d'avoine	91,0	39,9	35,6	93,8	58,7	53,6
Farine entière de froment, dite de Graham	91,2	34,3	31,9	94,9	51,6	49,6
Farine fine de maïs	94,0	33,5	31,1	96,2	47,4	45,0
Farine entière de maïs	71,4	36,5	26,1	76,9	54,2	41,3
Farine supérieure de froment, taux d'extraction 74	96,8	28,7	28,0	99,6	38,0	37,8
Farine entière d'avoine	72,9	26,9	19,0	75,3	44,1	34,5
Légumineuses.						
Farine de soja	91,3	51,6	47,1	94,3	70,6	66,5
Farine de pois	95,5	40,6	38,8	97,8	55,2	53,2
Farine d'arachide	92,7	35,4	32,7	94,5	53,2	49,0
Farine de lentille	87,9	25,0	22,0	95,8	38,3	36,8
Farine de fève	94,9	25,3	24,1	96,9	35,4	34,4

Le tableau ci-dessus résume les principaux résultats obtenus. Ces résultats comportent de très nombreuses conclusions qui ne peuvent toutes être données ici. Nous nous contenterons donc de formuler celles qui nous paraissent particulièrement importantes.

1° L'acquisition et l'emploi d'un aliment protéique pour l'élevage doivent se fonder, non sur sa teneur en azote total, mais sur la proportion de protéine qu'en peut utiliser l'organisme pour la néoformation de ses tissus. Considération capitale, l'utilisation de l'azote pouvant varier de 1 à 3. De l'emploi d'une matière commercialement plus coûteuse pourra donc parfois résulter un gain réel. Le tableau ci-joint pourra guider le choix.

2° Le mélange de lait écrémé et d'amidon, ce dernier pouvant revêtir dans la pratique la forme de farine de manioc, additionné bien entendu des substances minérales et des vitamines nécessaires, constitue le régime alimentaire de croissance par excellence.

3° Parmi les céréales l'orge présente une supériorité marquée; le blé est la plus médiocre.

4° Les protéines du produit complet de la mouture du blé (farine de Graham) sont bien supérieures à celles contenues dans la farine à faible taux d'extraction servant à faire les pains de luxe. La légère diminution de digestibilité (et ceci est en plein accord avec les conclusions précédemment formulées par L. et M. Lapicque à la suite de leur étude des propriétés nutritives des farines en fonction de leur taux d'extraction), qui résulte de la plus grande abondance des matériaux inertes dans la première substance est bien loin de compenser les avantages que lui confère la meilleure utilisation de ses protéines dans le métabolisme intime. Il n'est pas douteux qu'en sacrifiant au préjugé du pain très blanc, l'homme élimine de la céréale qui, dans nombre de pays, constitue l'une des bases essentielles de son alimentation, les portions possédant la plus haute efficacité nutritive.

5° Les légumineuses présentent des coefficients de rétention qui s'échelonnent entre les mêmes valeurs extrêmes que ceux des céréales. Certains produits qui en sont tirés et que l'industrie livre maintenant en abondance méritent d'être pris en sérieuse considération : la farine fine de soja compte parmi les meilleurs aliments protéiques d'origine végétale; les protéines de la farine fine d'arachide se montrent égales à celles de la farine entière de froment

PHYSIOLOGIE. — *De l'utilisation de l'azote amidé par l'organisme animal.* Note [1] de M. **P. Mezincesco**, transmise par M. d'Arsonval.

Peu de problèmes ont été l'objet de débats aussi amples que celui de l'utilisation des amides par les animaux supérieurs pour la satisfaction de leurs besoins azotés.

Chez les Polygastriques, les essais conduisent tous à reconnaître aux amides la qualité d'aliment azoté. Mais ils sont tous également improbants. On ne sait, en effet, si les amides sont véritablement utilisés par l'organisme ou si leur intervention n'est pas la conséquence secondaire de procesus microbiens se déroulant dans le tube digestif.

Les observations faites sur les Monogastriques sont, en effet, beaucoup moins concluantes, quel qu'en soit le type. Si la ration de base assure un bilan azoté positif, l'addition d'asparagine reste sans effet pour les uns (Völtz, Völtz et Yakuwa), alors que d'après les autres (Lehmann, Muller) elle augmente la rétention azotée à la condition d'être absorbée dans un enrobage de celloïdine. Si l'apport protéique est insuffisant, l'addition d'asparagine rend le bilan plus médiocre encore, d'après Munck, alors qu'elle l'améliore d'après von Knierim et Mauthner. Enfin la même contradiction se relève dans le résultat des essais de couverture partielle de la dépense azotée endogène : l'utilisation de l'azote amidé, affirmée par Schrodt et von Dangel, Bahlmann, Mauthner, Seuffert, est niée par Politis et par Gabriel.

Il semble pourtant que si la doctrine du fractionnement du besoin azoté en deux éléments, l'un différencié, l'autre indifférencié — ce dernier consistant simplement en la réquisition d'une certaine quantité de radicaux NH^2 — formulée par Terroine est exacte, les amides qui peuvent libérer un tel radical devraient participer à la satisfaction du besoin tout comme le font, ainsi que nous l'avons précédemment montré [2], les acides aminés les plus variés (glycocolle, alanine, acides aspartique et glutamique) ne figurant pas sur la liste de ceux qu'exige l'organisme. Et c'est pourquoi nous avons cru devoir reprendre cette étude en respectant toutes les conditions qu'impose une tentative de couverture partielle de la dépense azotée.

Des porcelets de 12 à 15^{kg} reçoivent une alimentation très abondante

(1) Séance du 16 janvier 1933.

(2) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1469.

(100 à 150 cal/kg/24 heures) constituée par de l'amidon, des sels et des vitamines. Le niveau minimum de la dépense azotée endogène une fois atteint, l'amide étudié est ajouté au régime et l'on observe l'influence que son introduction exerce sur le bilan azoté, l'excrétion de la créatinine et celle du soufre neutre. Les essais ont porté non seulement sur l'asparagine, qui présente l'inconvénient de fournir à la fois de l'azote amidé et de l'azote aminé, mais aussi sur l'acétamide et la succinamide. Quelques-uns des résultats observés sont ci-dessous rapportés.

	Quantité de N introduite avec l'amide étudiée.	Dépense azotée endogène spécifique.	S urinaire total.	S neutre.	Créatinine.
	Sujet 1.				
Période d'alimentation sans protéine.....	-	1g,744	0g,165	0g,044	0g,520
Période d'adjonction d'amide	Asparagine	1,408	0,169	0,058	0,540
Différence lors de l'adjonction d'amide...	1g,495	−0,336	+0,004	+0,014	+0,020
Différence (en pour 100)................	-	−23	+2	+30	+3
	Sujet 2.				
Période d'alimentation sans protéine.....	-	2,034	0,228	0,048	0,494
Période d'adjonction d'amide............	Asparagine	1,603	0,261	0,047	0,487
Différence lors de l'adjonction d'amide...	1g,995	−0,431	+0,033	−0,001	−0,007
Différence (en pour 100)................	-	−21	+14	−2	−1
	Sujet 3.				
Période d'alimentation sans protéine.....	-	1,503	0,177	0,049	0,349
Période d'adjonction d'amide	Acétamide	0,778	0,185	0,049	0,340
Différence lors de l'adjonction d'amide...	1g,460	−0,725	+0,008	0	−0,009
Différence (en pour 100)................	-	−48	+4	0	−2
	Sujet 4.				
Période d'alimentation sans protéine.....	-	1,894	0,124	0,041	0,279
Période d'adjonction d'amide............	Succinamide	1,246	0,128	0,039	0,288
Différence lors de l'adjonction d'amide...	1g,4	−0,648	+0,004	−0,002	+0,009
Différence (en pour 100)................	-	−34	+2	−4	+3

Ces résultats sont exactement identiques à ceux précédemment obtenus dans les tentatives de couverture partielle de la dépense azotée faites à l'aide de protéines insuffisantes ou de sels ammoniacaux organiques par Terroine, Bonnet, Chotin et Mlle Mourot ainsi qu'à l'aide des acides aminés non indispensables par nous-même : économie importante de la dépense

azotée totale sans modification aucune des éléments de cette dépense qui se traduisent, directement ou indirectement, par l'excrétion de la créatinine et des diverses formes de soufre.

L'intervention immédiate de l'azote amidé dans les processus intimes du métabolisme azoté nous paraît maintenant hors de conteste. Elle est très vraisemblablement limitée, tout comme celle des protéines inaptes étudiées par Al. Giaja, à la réalisation d'une économie portant uniquement sur la fraction des composés azotés dont l'urée est le terme ultime de dégradation.

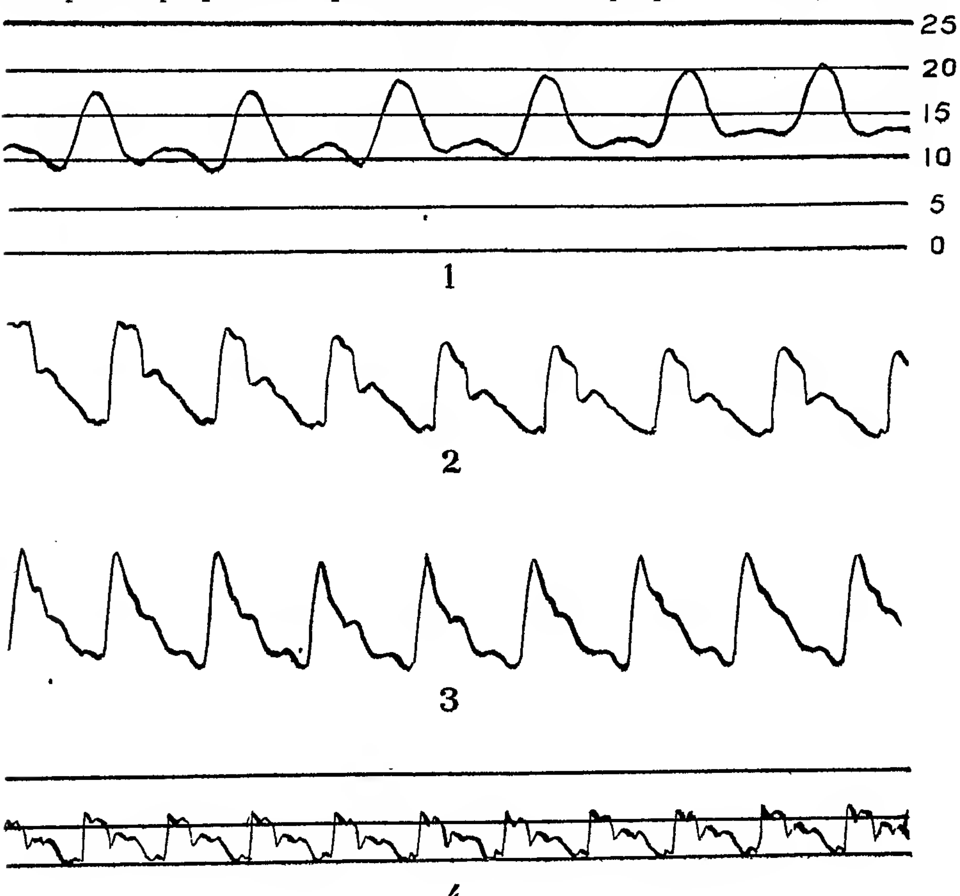
TECHNIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Inscription et mesure de la pression sanguine*. Note de MM. **L. Bugnard**, **P. Gley** et **A. Langevin**, présentée par M. L. Lapicque.

La connaissance exacte de la pression sanguine implique d'en connaître à chaque instant d'une façon fidèle les variations et de pouvoir déterminer sa valeur absolue. Les appareils jusqu'ici utilisés ne permettent pas d'atteindre ce double but. Les appareils de mesure directe, manométriques, mettent en jeu une inertie considérable qui déforme les courbes et donnent ainsi des valeurs absolues erronées. Les appareils de mesure indirecte, sphygmographiques, s'ils donnent des tracés parfois fidèles, sont impropres à toute mesure en valeur absolue.

L'appareil que nous décrivons aujourd'hui, perfectionnement de celui que nous avons réalisé en 1930, repose sur l'utilisation du quartz piézoélectrique suivant un procédé décrit par P. Langevin et Nocart pour l'étude des variations de pression dans les conduites d'eau.

L'appareil est réalisé de la façon suivante : le cristal de quartz ($2^{cm},5 \times 2^{cm},5 \times 0^{cm},2$) est enfermé dans un boîtier; il est coincé entre le fond du boîtier et une mince lame d'acier qui constitue le fond d'une cuvette qui est mise en relation avec l'artère de l'animal par l'intermédiaire d'un liquide anticoagulant. L'atmosphère dans le boîtier doit être maintenue particulièrement sèche, ainsi que celle du laboratoire de recherches, pour éviter toute fuite de charge du quartz par l'humidité de l'air ambiant. Deux armatures d'étain sont collées sur les deux faces du quartz et réunies à la grille d'une lampe électromètre qui est maintenue à un potentiel négatif rendant son isolement parfait (une étude préalable des courbes caractéristiques de l'électromètre permet le choix du potentiel convenable). La plaque de l'électromètre portée à un potentiel positif est branchée sur l'amplificateur; ce dernier comprend une lampe écran

A. 442 Philips et une lampe F. 10 Fotos reliées par une résistance de 200000 ohms, avec batteries de polarisation. Un oscillographe Dubois à inscription optique, à fréquence d'oscillations propre de 1500, est bran-



ché sur la plaque de la lampe de sortie. L'électromètre et l'amplificateur doivent être mis à l'abri des perturbations électriques atmosphériques par un blindage soigné. Nous avons pu opérer dans un local isolé où ces variations ont été évitées.

Le quartz peut être mis en rapport soit avec l'artère de l'animal, soit avec un manomètre à mercure permettant de réaliser des pressions statiques et d'étalonner ainsi les tracés obtenus avec l'animal. Le tracé étalonné que nous reproduisons (n° 1) permet de voir qu'il y a proportionnalité entre les pressions exercées sur le quartz et les déplacements du spot lumineux. Les mesures en valeur absolue de la pression sanguine sont donc correctes. Le

tracé n° 1 a été ainsi réalisé en inscrivant successivement les droites d'étalonnage et les variations de la pression dans la carotide d'un chien chloralosé.

Nous reproduisons en outre les courbes non étalonnées indiquant les variations de la pression sanguine chez le chien. Ces courbes ont été obtenues en sectionnant l'artère et en abouchant le bout central au conduit qui mène au quartz, inscription terminale ; nous en avons relevé d'autres en respectant le cours du sang dans le vaisseau où l'on introduit une canule en T dont une des branches conduit au quartz, inscription latérale. La différence est sensible et le dernier mode d'inscription parait plus correct.

L'appareillage décrit permet une inscription fidèle de la pression artérielle dont la finesse des courbes reproduites est le témoin ; il permet en outre, et c'est le point essentiel, de faire des mesures en valeur absolue de la pression artérielle.

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Étude spectrographique de la phlorhizine et de ses dérivés. Spectre d'absorption ultraviolet de la phlorhizine.* Note (¹) de M. **Albert Lambrechts**, présentée par M. Perrin.

A la suite des expériences de Brull et Compère, démontrant, par la méthode des reins au cou, la transmissibilité sanguine du diabète phlorhizique, nous avons voulu approfondir le mécanisme de cette glycosurie en essayant de déceler ou de doser éventuellement la phlorhizine dans le sang circulant. Les méthodes chimiques paraissant insuffisantes actuellement, nous nous sommes adressé à la spectrographie ultraviolette.

Dans ce but le coefficient d'extinction ε de la phlorhizine a été mesuré au grand spectrographe en quartz de Jobin et Yvon avec dispositif photométrique sur la lentille du collimateur, 39 spectres sont photographiés selon la méthode de V. Henri à travers différentes épaisseurs de solution. Nous utilisons comme source l'étincelle au fer et le spectre continu d'un tube à hydrogène. La phlorhizine a été étudiée en solutions aqueuse et alcoolique.

1° *Phlorhizine dans l'eau.* — Le spectre d'absorption U. V. de la phlorhizine (Merck) recristallisée, en solution dans de l'eau bidistillée montre la particularité d'être très fortement influencé par la concentration en

(¹) Séance du 9 janvier 1933.

ions H_+. Les courbes peuvent se ramener à trois types (*fig.* 1, courbes 1, 2 et 3).

a. Les solutions acides présentent une bande intense, que nous appellerons C, dans l'ultraviolet moyen, suivie d'une transparence marquée vers 2500 Å ; puis l'absorption croît très rapidement vers l'U. V. extrême.

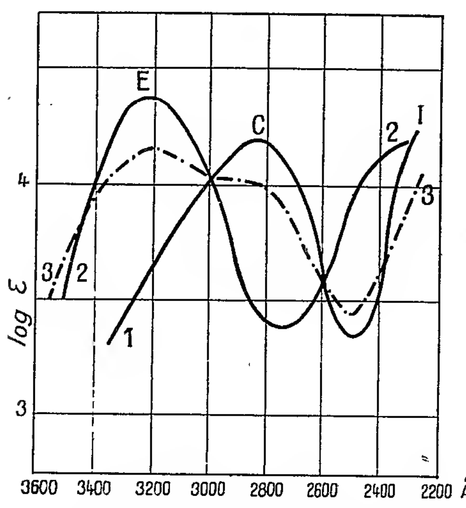


Fig. 1. — Courbes d'absorption à divers pH.

Fig. 2. — Valeurs de ε_C et ε_E en fonction du pH.

Ainsi pour pH = 1,7, ε (coefficient d'extinction moléculaire) = 16250 pour 2852 Å ($\nu = 1052 . 10^{12}$) (*fig.* 1, courbe 1).

b. En solution alcaline la phlorhizine possède une bande E très intense au début de l'U. V., plus intense que C, suivie d'une grande transparence vers 2800 à 2750 Å, à laquelle fait suite une nouvelle bande intense dans l'U. V. extrême (*fig.* 1, courbe 2).

Par exemple :

pH = 11,84, $\varepsilon_{max} = 20750$ pour 3225 Å ($\nu = 930 . 10^{12}$),
pH = 10,04, $\varepsilon_{max} = 27000$ » » .

c. Le spectre d'une solution de phlorhizine aux environs de la neutralité se compose d'une bande très large C + E où les sommets C et E sont individualisés.

Par exemple à pH = 7,5 : ε pour 3225, Å = 15900 (courbe 3 de la figure 1); ε pour 2852, Å = 10500 (pH maintenu constant par un mélange de phosphates potassiques).

Les variations de l'absorption de la phlorhizine sous l'influence des ions H_+ sont donc les suivantes : dans les solutions alcalines l'absorption devient plus intense et la bande se déplace vers les grandes longueurs d'onde. Ces variations sont caractéristiques de la tautomérie céto-énolique.

Les solutions acides présentent donc une prédominance de phlorhizine sous la forme cétonique (bande C) alors qu'en solution basique il y a prédominance de la forme énolique (bande E). A la neutralité les deux formes coexistent en quantité approximativement égale.

Si l'on examine une série de spectres d'une solution de même concentration (4.10^{-5} M par exemple) mais de pH différents, on constate que la valeur de l'absorption pour la bande C 2852 Å croît avec l'augmentation des ions H_+ alors que la valeur de l'absorption de la bande énolique E(3225) augmente lorsque la concentration en ions H_+ diminue. Elle atteint un maximum pour pH = 10. A pH = 7 les valeurs de ε pour les deux bandes considérées sont égales. Voir figure 2 sur laquelle sont portées les valeurs de ε_E (énolique) et de ε_C (cétonique) en fonction du pH.

L'absorption variant avec le pH nous pouvons assimiler la phlorhizine à un indicateur d'ions H pour l'U. V., avec un virage acide C et un virage alcalin E; son demi-virage pour pH = 7.

Applicabilité de la loi de Beer. — Étant donnés notre but et la constatation d'une tautomérie en solution aqueuse, il est important de vérifier cette loi. Une solution concentrée de phlorhizine et une solution très diluée, *au même* pH, présentent le même spectre d'absorption. La dilution seule ne fait pas apparaître la tautomérisation dans la molécule de phlorhizine.

2° *Phlorhizine dans l'alcool éthylique* (optiquement vide). — Le spectre de la phlorhizine en solution alcoolique ne montre que la bande C bien nette, avec la même situation qu'en solution acide, sans ébauche de E. La solution alcoolique de phlorhizine correspond donc vraisemblablement à la forme cétonique pure.

La phlorhizine injectée dans le torrent circulatoire (pH = 7,3 environ) s'y trouve donc vraisemblablement sous deux formes, énolique et cétonique, en quantités approximativement égales.

Des expériences sur le dosage de la phlorhizine dans le sang sont en cours.

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Floculation, dans l'organisme, des colorants, colloïdes artificiels chimiquement définis.* Note de M. **Maurice Piettre**, présentée par M. Achard.

On sait, par les travaux de de Angelis (1909), puis plus tard de Benedicenti, Takamura, Curshmann, Kling, que les matières colorantes chimiquement définies introduites dans l'organisme, sont capables de le sensibiliser au même titre que les antigènes des sérologistes. M. Kopaczewski reprenant systématiquement ces recherches (coloration vitale) sur un grand nombre de colorants dont il déterminait préalablement le degré de dispersion et la charge électrique et les étendant aux tissus végétaux, a proposé de les classer en deux grands groupes, les uns électro-négatifs se fixant de préférence sur les éléments végétaux, les autres électro-positifs sur les tissus animaux (paramécie pris comme type).

I. Nous avons pensé que l'étude, sur les animaux d'expériences, de ces colloïdes artificiels donnerait quelques indications sur le devenir des colloïdes biologiques et par suite sur les principales réactions biologiques auxquelles ils donnent lieu : accoutumance et sensibilisation.

Notre choix a porté sur les colorants suivants :

Électro-positifs.	Electro-négatifs.
Bleu Victoria (Compagnie Lyonnaise)	Bleu diamine (Compagnie Lyonnaise)
Bleu de Nil (Bayer)	Bleu direct (Saint-Denis)
Brun Bismarck (R. A. L.)	Vert direct (Saint-Denis)
Violet Dahlia (Bayer)	Méthyl violet (R. A. L.)
	Trypan bleu (R. A. L.)

Violet de gentiane (R. A. L.)

Les bleus Victoria et diamine se sont montrés de beaucoup les plus intéressants et les plus typiques.

Tous ces colorants mis en solution à 1 pour 100, sauf le méthyl violet et le tripan bleu (0,5 pour 100), ont été dialysés au préalable. La toxicité a été nulle (voie intrapéritonéale) pour le cobaye. Par la voie sous-cutanée, fréquentes suppurations locales avec les colorants positifs.

L'étude des réactions sériques a été conduite par la technique habituelle : injections intra-veineuses chez le lapin répétées tous les cinq jours jusqu'à la mort par choc, ou prolongées jusqu'à la septième dans les cas de survie. Les sujets succombant au choc étaient aussitôt saignés puis autopsiés.

La fixation des colorants dans les tissus (poumons, foie, rate, cœur, reins et sang, etc.) a été recherchée sans succès par les méthodes physiques

et en particulier par la technique électro-capillaire de W. Kopaczewsky. Nous avons eu alors recours plus simplement à leur grande affinité pour les solvants, alcools, acétone, etc. Les pulpes d'organe additionnés de trois fois leur poids d'alcool absolu, puis fréquemment agités abandonnent les matières colorantes fixées qui passent dans le solvant et peuvent dès lors être caractérisées. Sérum, éléments figurés n'ont montré aucune fixation même en faisant varier la réaction du milieu.

II. Les *colorants électro-positifs* se sont seuls montrés vraiment actifs et d'une façon très inégale d'ailleurs. Le *bleu victoria* donne des réactions très vives, certains lapins succombent brusquement à la première injection, avec des volumes très faibles ($0^{cm^3},4$ à 1^{cm^3}). Quelque précaution que l'on prenne, on atteint difficilement la quatrième injection.

Les sujets ayant succombé au choc présentent, à l'autopsie, une teinture bleu verdâtre massive du poumon. Des traces de colorant se retrouvant dans le muscle cardiaque et le foie, et cela d'autant plus qu'on a dépassé la capacité de saturation du parenchyme pulmonaire.

Le *bleu de Nil* semble mieux supporté, mais provoque le plus souvent la mort par choc avec localisation élective au poumon. On note cependant une diffusion beaucoup plus marquée dans les muscles (cardiaques et locomoteurs), le foie, la surface de la masse cérébrale, etc. Les muscles rouges restent indemnes. La *vésuvine* ne provoque pas généralement d'accidents mortels; on note seulement une localisation sur l'intestin grêle en entier, en outre les reins en totalité sont teints en jaune légèrement orangé; l'urine est fortement jaune.

Le bleu Dahlia et surtout le violet de gentiane moins colloïdal se sont montrés à peu près inactifs.

Par contre les colorants électro-négatifs n'ont donné lieu à aucune observation intéressante, sauf la tendance très curieuse à centrifuger vers la périphérie (tégument cutané) le bleu diamine surtout et un peu moins le méthyl violet.

III. L'étude histologique des localisations électives (poumons et fibre musculaire) montre très nettement la pénétration jusque dans le protoforme cellulaire et même souvent la masse nucléaire, des colloïdes colorants, et leur floculation *in situ* sous l'apparence d'une simple teinture ou d'une véritable précipitation massive.

L'épithélium bronchique est incolore dans le cas du bleu Victoria, légèrement teinté uniformément avec le bleu de Nil. Les hématies conservent dans tous les cas leur coloration normale ainsi que l'endothélium vasculaire.

Sur la fibre musculaire, l'élection est curieuse; elle affecte uniquement la

striation transversale, et dans cette striation la juxtaposition des disques sombres qui apparaissent d'un bleu tendre, tandis que les disques clairs restent incolores.

Enfin les réactions de précipitation avec les sérums des animaux ayant succombé au choc ou sacrifiés au cours des injections, n'ont été nettement positives qu'avec la vésuvine (dans un cas, séro-précipitation à 1/6000e).

Conclusion. — Ces premières recherches mettent plus particulièrement en évidence les faits suivants :

1° L'existence d'une *perméabilité sélective* des éléments histologiques vivants aux substances colloïdales, en l'absence d'électrolytes (1). D'une part, la fixation des colorants colloïdaux ne peut s'expliquer d'une autre manière, d'autre part, on sait (Galeotti, Ostherout etc.) que les cellules mortes se laissent colorer indifféremment par tous les colorants quelle que soit leur charge ;

2° La floculation au sein du protoplasme cellulaire, *en l'absence de fixation dans le sang*, semble préciser nettement le siège du choc ;

3° Le poumon peut être considéré, vis-à-vis des colorants colloïdaux en général, comme un véritable *organe de choc*.

PROTISTOLOGIE. — *Structure d'une Sarcine :* Sarcina gigantea. Note de Mlle **H. F. M. Petter**, présentée par M. F. Mesnil.

Sarcina gigantea a été isolée par nous, de harengs salés (2); ses cellules mesurent 3 à 6µ de diamètre. Elle est donc une des plus grandes Bactéries que l'on connaisse et particulièrement favorable à une étude cytologique.

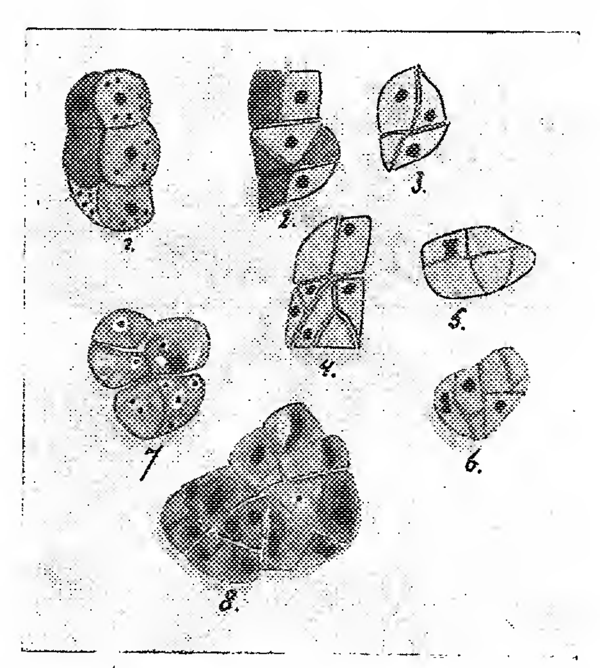
Cette Sarcine pousse bien dans l'eau de Levures gélosée additionnée de NaCl à 20 pour 100 et de glucose à 1 pour 100. La croissance est moindre si l'on enlève le glucose. Sur le vivant, les cellules de cette Bactérie présentent un aspect homogène dans les cultures sans sucre, tandis que, sur les milieux sucrés, elles montrent, au bout de quelque temps, des grains réfringents : ceux-ci sont osmioréducteurs et se colorent électivement par le Soudan en solution alcoolique et le bleu d'indophénol, et paraissent solubles dans le Soudan en solution dans l'hydrate de chloral. Ces corps paraissent donc constitués par une substance lipoïdique. La présence de glycogène n'a jamais pu être mise en évidence.

---

(1) P. Carnot, R. Glénart et Mme Gruzenska, *Soc. Biol.*, 9, 1925, p. 865.

(2) H. F. M. Petter, *Proc. Kon. Acad. v. Wetensch*, Amsterdam, 34, n° 10, 1931, p. 1417, et *Over roode en andere bacterien van gezouten visch*, Thèse, Utrecht, 1932.

Les colorations vitales par le bleu de crésyl et le rouge neutre en solution additionnée de NaCl font apparaître dans les cellules de nombreux corpuscules fortement colorés en violet (bleu de crésyl) ou en rouge (rouge neutre). Ceux-ci se trouvent surtout à la périphérie des cellules. On verra plus loin que ces corpuscules sont métachromatiques. Par une solution non salée de



bleu de crésyl, on obtient des colorations post-vitales à tous les stades du développement. Celles-ci font constamment apparaître dans toutes les cellules un corps sphérique coloré en bleu d'une manière beaucoup plus intense que le reste du protoplasme et qui ressemble beaucoup à un noyau. En ajoutant une solution non salée de bleu de crésyl à une préparation colorée vitalement par ce même colorant et dans laquelle les corpuscules métachromatiques sont différenciés, on peut obtenir une coloration post-vitale où apparaissent en même temps ces corpuscules et le corps nucléiforme dont nous venons de parler (*fig.* 1).

Sur coupes à la paraffine, très minces, fixées par le mélange de Perenyi ou mieux par celui de Bouin et colorées par l'hématoxyline ferrique, puis l'érythrosine, on retrouve le corps nucléiforme, obtenu par coloration post-vitale, coloré ici par l'hématoxyline ferrique, le reste du protoplasme étant coloré par l'érythrosine (*fig.* 2 à 6). Ce corps est généralement dans le centre. Il apparait très distinctement aussi, dans les coupes fixées par le

formol et colorées par l'hémalun ou l'hématoxyline de Delafield, sous forme d'un corps bleu foncé se détachant du reste du protoplasme teint en bleu pâle et renfermant des corpuscules métachromatiques colorés d'une manière intense en rouge violacé (*fig.* 7 et 8). Ce corps nous paraît donc correspondre à un noyau : d'ailleurs dans certaines cellules, il présente des formes d'haltères qu'on peut rapporter aux stades de division de ce noyau (*fig.* 5 et 6). Par contre, nous n'avons pu obtenir sa différenciation par l'hémalun ou l'hématoxyline de Delafield après fixation par les mélanges de Bouin et de Lenhossèk.

Les corpuscules qui se teignent par colorations vitales et que l'on retrouve, dans les coupes fixées au formol et colorées à l'hémalun ou à l'hématoxyline de Delafield, teints en rouge, présentent tous les caractères des corpuscules métachromatiques (grains de volutine). On peut se rendre compte qu'ils sont souvent entourés d'une zone non colorée, c'est-à-dire incluse dans de petites vacuoles, comme dans les Levures.

Ces corpuscules ont été parfois colorés par la méthode préconisée récemment par M. et M[me] Hollande (éosinates de soude de bleu de méthylène) qui ne nous a donné que des résultats très inconstants, colorant le noyau, tantôt en rouge sur fond bleu, tantôt en bleu sur fond rose. Ces corpuscules présentent la réaction de A. Meyer, c'est-à-dire restent seuls colorés dans les préparations teintes par le bleu de méthylène, après fixation par le formol, qui ont été traitées par une solution à 1 pour 100 d'acide sulfurique. Le bleu d'Unna après fixation au formol les colore en rouge. On doit donc les assimiler aux corpuscules métachromatiques.

Nos recherches démontrent donc l'existence, dans notre Sarcine, d'un corps qui semble pouvoir être assimilé à un véritable noyau et d'une structure très semblable à celle observée dans les Levures. Ces faits sont en contradiction avec ceux observés par divers auteurs (Bütschli, Schaudinn, Guilliermond) dans d'autres Bactéries, où l'on n'a pas trouvé de noyau et où l'on a admis la théorie du noyau diffus. Il sont aussi tout à fait différents de ceux obtenus récemment dans les Rhodothiobactéries par Guilliermond qui a démontré, chez ces organismes, l'existence d'un corps central, analogue à celui des Cyanophycées et qui correspond à un noyau véritable, mais d'organisation très primitive. Peut-être les Bactéries constituent-elles un groupe hétérogène. Il se peut également que, quoique tout à fait semblable aux Sarcines, la forme que nous avons observée n'est pas assimilable à ce genre de Bactéries. De nouvelles recherches s'imposent pour résoudre cette question.

IMMUNOLOGIE. — *Sur une méthode d'immunisation du lapin contre l'infection dysentérique*. Note (¹) de M. E. **Manoussakis** (Athènes), présentée par M. H. Vincent.

Il est établi aujourd'hui que l'immunité contre diverses maladies infectieuses s'acquiert souvent à la suite de contacts occultes et répétés avec l'antigène spécifique. Or cet antigène n'est pas toujours puisé directement auprès de la source infectieuse (malade, porteur convalescent ou sujet sain). Il l'est, aussi, indirectement, dans le milieu extérieur où il est déversé par le porteur malade ou sain et se transmet à l'organisme, soit avec les aliments, soit avec les poussières bacillifères inhalées ou avalées.

Or, ces germes, tombés dans le milieu extérieur, y subissent l'influence de facteurs antagonistes, entre autres, celle du temps et des radiations solaires. Nous avons donc pensé qu'il était utile d'étudier l'action de ces facteurs sur les antigènes préparés dans le laboratoire et nous avons exposé ailleurs nos recherches sur les antigènes typhique et méningococcique, ainsi que les résultats prophylactiques très efficaces que nous avons obtenus contre des épidémies sévères de typhoïde et de méningococcie, avec des autovaccins insolés (*C. R. Soc. Méd. Hôp.*, Athènes, 7 mars 1931 et *Bull. Acad. Méd.*, 105, 29 juillet 1930, p. 990). Nous avons soumis à ces mêmes conditions physiques les vaccins antidysentériques dont nous avons constaté la haute toxicité.

Nous avons utilisé les éthérovaccins conservés à la glacière et périodiquement exposés aux rayons solaires, en notant le temps d'exposition et la température. On a fait varier le nombre et la durée des expositions et, chaque fois, il a été procédé à un contrôle de la toxicité et du pouvoir antigène.

Pour l'étude de la toxicité des vaccins, les injections ont été faites non seulement à des lapins adultes mais aussi à de très jeunes animaux pesant de 250 à 450^g, dont on suivait la mortalité et les variations de poids et de croissance par comparaison avec des témoins du même âge et de même poids, vivant dans les mêmes conditions.

Pour l'étude du pouvoir antigène, on a fait plusieurs séries d'expériences en vue de déterminer les doses, les intervalles d'injection et le minimum de temps nécessaires pour obtenir l'immunité. Le contrôle de cette immunité était fait 15, 30, 60, 90 et 120 jours après la dernière vaccination, soit avec une dose mortelle des bacilles vivants et, six à dix jours après, avec sept doses mortelles; soit d'emblée, par sept à dix doses mortelles.

(¹) Séance du 16 janvier 1933.

Seuls les animaux qui survivaient à ces épreuves et qui, par la suite, ne devenaient pas cachectiques étaient considérés comme immunisés.

De nos expériences portant sur 229 animaux, nous pouvons formuler les conclusions suivantes :

1° Les éthérovaccins insolés sont incomparablement moins toxiques que les vaccins non insolés puisqu'ils ne déterminent pas de mortalité supérieure à la mortalité habituelle des animaux normaux, non vaccinés, non seulement adultes, mais encore très jeunes. La croissance de ces derniers s'est poursuivie normalement, malgré les doses répétées de vaccin ([1]).

2° Les éthérovaccins insolés ont donné des pourcentages d'immunité très supérieurs à ceux que nous avons obtenus avec les divers vaccins déjà utilisés. Ainsi sur la totalité de 130 animaux adultes vaccinés avec les vaccins insolés, le pourcentage moyen d'immunisés a été de 75 pour 100.

3° L'immunité est déjà appréciable 10 jours après trois injections de vaccin faites tous les 15 jours, dans 62 à 80 pour 100 des cas, suivant les séries. Le pourcentage de l'immunité oscille entre 80 et 94 pour 100 chez les animaux éprouvés 30 à 60 jours après quatre vaccinations faites tous les 15 jours.

4° L'immunité déterminée par les éthérovaccins insolés a été forte et durable.

En effet, sur 32 animaux vaccinés et éprouvés pour la première fois, *six mois* après leur dernière injection de vaccin, avec *huit* doses *mortelles* de bacilles vivants, *deux seulement sont morts*, l'un 5 jours et l'autre 17 jours après, sans présenter de paralysie avant leur mort.

5° Les meilleurs résultats ont été notés avec les vaccins exposés aux rayons solaires sept fois pendant 2 à 7 heures à chaque séance d'exposition, et à des intervalles variant entre 20 à 57 jours. Ces vaccins ont été injectés tous les 15 jours à des doses un peu supérieures à 34 Lmn de vaccin non insolé. Quatre injections vaccinantes ont été faites à doses progressives

La séance est levée à 15h30m.

É. P.

([1]) L'expérience a porté sur 63 jeunes lapins. La mortalité notée du 24 mars au 28 novembre 1932, durée de l'expérience chez ces jeunes animaux vaccinés, a été de 40 pour 100 contre une mortalité de 36 pour 100, pendant le même espace de temps chez 43 jeunes lapins témoins. Avec les éthérovaccins insolés nous n'avons pas noté non plus les troubles trophoneurotiques plus ou moins grands (œdème et cyanose des extrémités, escarres, ostéites, etc.) que nous avons fréquemment observés chez les animaux vaccinés par d'autres vaccins.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 JANVIER 1933.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES RICHET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce le décès de M. l'abbé *Verschaffel*, Correspondant de l'Académie pour la Section d'Astronomie.

M. **Émile Picard** prend la parole en ces termes :

Notre Correspondant, M. l'abbé **Verschaffel**, dont M. le Président vient d'annoncer le décès, a dirigé pendant vingt-sept ans l'Observatoire d'Abbadia, près de Hendaye, que notre ancien Confrère M. d'Abbadie avait donné à l'Académie en 1896. Il l'a organisé méthodiquement avec un soin extrême. Avec des moyens très modestes en personnel et en matériel, il en a fait un établissement dont les observations méridiennes sont hautement estimées dans le monde astronomique. Véritable entraîneur d'hommes, M. l'abbé Verschaffel a formé des jeunes gens du pays au maniement de la lunette méridienne, où ils ont acquis une grande habileté. C'est ainsi qu'ont été faites les très nombreuses observations se trouvant dans les vingt volumes et dans les divers Catalogues publiés par l'Observatoire d'Abbadia.

D'une ingéniosité admirable, mécanicien autant qu'astronome, M. l'abbé Verschaffel a créé un instrument qui rend d'immenses services dans les observations méridiennes. On sait que pendant longtemps celles-ci furent faites par la laborieuse méthode dite *de l'œil et de l'oreille*. Vers 1850, on commença à enregistrer électriquement, à peu près comme dans le télégraphe Morse, ce qui diminuait la fatigue immédiate de

l'observateur, mais l'enregistrement se faisait sur de longues bandes à développement continu, dont le relevé exigeait beaucoup de temps, chaque pointé demandant la mesure précise d'une longueur. Ce grave inconvénient est totalement supprimé dans le chronographe de M. Verschaffel, qui d'abord imprime jusqu'aux centièmes de seconde les chiffres mêmes des époques des passages successifs de l'astre aux divers fils de la lunette, et qui en outre ne fait dérouler la bande qu'au moment de l'impression avec la longueur strictement nécessaire. Le *chronographe enregistreur* de M. Verschaffel fonctionne depuis 1900 à Abbadia. C'est un instrument dont la mise en train exige du soin de la part de l'observateur, mais qui est plus robuste que les instruments similaires construits depuis pour atteindre le même but, qualité précieuse pour un établissement situé loin des ressources d'un grand centre. M. Verschaffel a en outre établi pour toutes les réductions de grands abaques, qu'il a construits lui-même, rendant le travail plus sûr, moins pénible et plus rapide.

L'Observatoire d'Abbadia s'est associé quelque temps aux travaux de la Carte du Ciel. Il est essentiel de connaître sur chaque cliché photographique la position absolue d'un certain nombre d'étoiles, c'est ce qu'on appelle les étoiles de repaire. M. Verschaffel s'est attaché à l'observation de ces astres relatifs aux zones de Paris et d'Alger; des discussions ultérieures ont montré que l'ensemble de ces observations est d'une remarquable précision.

Notre regretté correspondant poussait la modestie jusqu'à l'extrême limite. Il faisait tout sans bruit, craignant toujours de se mettre en avant. Son chronographe a figuré à l'Exposition universelle de 1900; mais, dans l'introduction qu'il a écrite pour le tome I des publications d'Abbadia, rien n'appelle particulièrement l'attention sur cet instrument, alors tout nouveau, dont la description occupe à peine une page entre divers appareils d'usage courant.

Né en Belgique à Desteldonk près de Gand le 1er mars 1850, M. l'abbé Verschaffel fut quelque temps professeur au Collège de Juilly; il avait été naturalisé français peu après sa venue dans le pays basque, où l'avait appelé M. d'Abbadie, qui, peut-on dire, l'a légué à notre Compagnie. Il a été emporté par la grippe le 24 janvier dernier à Villefranque près de Bayonne, où il s'était retiré après avoir, à notre grand regret, quitté la direction d'Abbadia pour raison de santé. Nous n'oublierons pas le travailleur infatigable qui a consacré de nombreuses années au service de l'Académie.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Équations linéaires aux dérivées partielles dans le plan. Domaines à connexion multiple. Construction des intégrales pour des conditions données aux frontières.* Note de M. **Marcel Brillouin.**

I. Aire annulaire :

1. Le premier problème que je veux traiter est le suivant :

Étant données une aire annulaire, et la distribution du potentiel sur chacune des deux frontières, construire une série qui satisfasse formellement à l'équation du *potentiel*

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} = 0$$

dans toute l'aire et prenne les valeurs données au contour.

Opérons d'abord en coordonnées polaires r, α, dans le plan, et supposons que chaque demi-rayon vecteur α ne rencontre la frontière interne qu'en un seul point $r = f(\alpha)$, et la frontière extérieure qu'en un seul point $r = g(\alpha)$, avec $g(\alpha) - f(\alpha) > 0$. Si l'on ne peut pas trouver de point origine qui satisfasse à cette condition, on adoptera des coordonnées curvilignes isothermes (cas particuliers des coordonnées électrostatiques définies dans une Note précédente) $v + ui$, telles que les lignes de force u ne rencontrent chaque frontière $[v = f(u),\ v = g(u)]$ qu'une fois.

2. Je pars des deux suites de fonctions harmoniques

$$(1)\quad \begin{cases} U_0 = 1, \quad U_1 = \alpha, \quad U_2 = \log r, \\ U_{4k-1} = r^k \sin k\alpha, \quad U_{4k} = r^k \cos k\alpha, \quad U_{4k+1} = \frac{1}{r^k} \sin k\alpha, \quad U_{4k+2} = \frac{1}{r^k} \cos k\alpha, \end{cases}$$

avec lesquelles je construis, à la manière ordinaire, une suite complète de fonctions harmoniques

$$(2)\quad \begin{cases} \Phi_0 = 1, \quad \Phi_1 = n_1[b_1^0 + U_1(r, \alpha)], \quad \ldots, \\ \Phi_N = n_N[b_N^0 + b_N^1 \Phi_1 + \ldots + b_N^{N-1} \Phi_{N-1} + U_N(r, \alpha)], \quad \ldots, \end{cases}$$

dont les coefficients n, b seront déterminés par les conditions de normalisation [formule (4)].

Remarque. — Les propriétés des fonctions imaginaires permettent d'écrire immédiatement les trajectoires orthogonales (ou lignes de flux) Ψ_N des potentiels Φ_N.

J'écris le potentiel cherché sous la forme

$$(3) \qquad V = \Sigma B_N \Phi_N(r, \alpha).$$

La somme des carrés des erreurs aux deux frontières, affectées, si on le juge utile, d'un facteur d'importance (¹) (ou poids) $I_f(\alpha)$, $I_g(\alpha)$ toujours positif, est

$$\int_0^{2\pi} d\alpha \{ I_f(\alpha) | \Sigma B_N \Phi_N[f(\alpha), \alpha] - V_1(\alpha) |^2 + I_g(\alpha) | \Sigma B_N \Phi_N[g(\alpha), \alpha) - V_2(\alpha) |^2 \},$$

Pour satisfaire aux conditions aux contours, je rends cette somme minimum, conformément aux principes de la méthode des moindres carrés, et je choisis les coefficients n, b, de manière à déterminer les coefficients B_N un à un. C'est ce qu'on obtient en prenant comme conditions de normalisation

$$(4) \qquad \int_0^{2\pi} d\alpha [I_f \Phi_N(f, \alpha) \Phi_M(f, \alpha) + I_g \Phi_N(g, \alpha) \Phi_M(g, \alpha)] = \begin{cases} 0, & M \neq N, \\ 1, & M = N. \end{cases}$$

d'où

$$(5) \qquad B_M = \int_0^{2\pi} d\alpha I_f \Phi_M(f, \alpha) V_1(\alpha) + \int_0^{2\pi} d\alpha I_g \Phi_M(g, \alpha) V_2(\alpha).$$

Je me borne à cette construction purement formelle, sans discuter les difficultés qui peuvent se présenter, exceptionnellement je crois.

La construction du potentiel cherché se poursuit de la même manière lorsque les données au contour sont les dérivées normales, ou même des relations linéaires entre le potentiel et sa dérivée normale (*loc. cit.*, p. 179 et suiv.).

3. Je passe maintenant aux *Équations linéaires quelconques aux dérivées partielles*.

Possédant la solution précédente, je vais former l'intégrale W pour une équation quelconque linéaire aux dérivées partielles

$$(6) \qquad 0 = L(W) \equiv a \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + 2b \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} + c \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} + a_1 \frac{\partial W}{\partial x} + b_1 \frac{\partial W}{\partial y} + c_1 W + d_2,$$

en ajoutant à V une fonction convenable, nulle sur les deux frontières.

Une suite complète, à deux indices entiers p, q, de fonctions nulles sur

(¹) M. BRILLOUIN, *Ann. de Phys.*, 9ᵉ série, 6, 1916, p. 132-233; voir p. 144.

les deux frontières, est, par exemple,

$$(7) \quad \begin{cases} \varphi_{p,2q-1}(r,\alpha) = \sin q\alpha . \sin p\pi \dfrac{r-f(\alpha)}{g(\alpha)-f(\alpha)}, \\ \varphi_{p,2q}(r,\alpha) = \cos q\alpha . \sin p\pi \dfrac{r-f(\alpha)}{g(\alpha)-f(\alpha)}. \end{cases}$$

Je les range en ordre linéaire, à un seul indice entier N;

$$n^2 < \mathrm{N} \leqq (n+1)^2, \qquad \mathrm{N} = n^2 + m \begin{cases} m \leqq n+1, & p = n, \quad q = k-1, \\ m \geqq n+1, & p = 2n+1-m, \quad q = n. \end{cases}$$

Je forme avec les φ_{N} une nouvelle suite complète

$$(8) \quad \begin{cases} \mathcal{V}_1 = \varphi_1, \qquad \mathcal{V}_2 = \nu_1(\beta_2^1 \mathcal{V}_1 + \varphi_2)\ldots, \\ \mathcal{V}_{\mathrm{N}} = \nu_{\mathrm{N}}(\beta_{\mathrm{N}}^1 \mathcal{V}_1 + \beta_{\mathrm{N}}^2 \mathcal{V}_2 + \ldots + \varphi_{\mathrm{N}}), \end{cases}$$

à normaliser convenablement (formule 10).

Je prends, pour satisfaire à l'équation aux dérivées partielles, la suite

$$(9) \qquad \mathrm{W} = \mathrm{V} + \Sigma \mathrm{C}_{\mathrm{N}} \mathcal{V}_{\mathrm{N}}.$$

La somme des carrés des erreurs, pour toute l'aire annulaire, avec le facteur d'importance partout positif $\mathrm{K}(r, \alpha)$, judicieusement choisi, est

$$\int_0^{2\pi} d\alpha \int_{f(\alpha)}^{g(\alpha)} \mathrm{K}(r,\alpha)\,[\mathrm{L}(\mathrm{V} + \Sigma \mathrm{C}_{\mathrm{N}} \mathcal{V}_{\mathrm{N}})]^2 r\,dr,$$

qu'on rend minimum, pour satisfaire le mieux possible dans tout l'anneau à l'équation $\mathrm{L}(\mathrm{V} + \Sigma \mathrm{C}_{\mathrm{N}} \mathcal{V}_{\mathrm{N}}) = 0$.

Avec la condition de normalisation

$$(10) \quad \int_0^{2\pi} d\alpha \int_{f(\alpha)}^{g(\alpha)} \mathrm{K}(r,\alpha)\,\mathcal{V}_{\mathrm{M}}(r,\alpha)\,\mathcal{V}_{\mathrm{N}}(r,\alpha)\,r\,dr = \begin{cases} 0, & \mathrm{M} \neq \mathrm{N}, \\ 1, & \mathrm{M} = \mathrm{N}, \end{cases}$$

les coefficients C_{N} sont donnés par

$$(11) \quad \mathrm{C}_{\mathrm{N}} = -\int_0^{2\pi} d\alpha \int_{f(\alpha)}^{g(\alpha)} \mathcal{V}_{\mathrm{N}}(r,\alpha).\mathrm{L}(\mathrm{V}).\mathrm{K}(r,\alpha).r\,dr,$$

ce qui résout le problème.

A première vue, la fonction harmonique V étant déterminée sans ambiguïté, il ne semble pas [qualité ou défaut ?] que le caractère hyperbolique ou parabolique de l'équation $\mathrm{L} = 0$ doive créer de difficulté dans l'évaluation des coefficients C_{N}; mais il reste à examiner la question, toujours délicate, de la convergence des séries ainsi construites.

4. *Remarque importante.* — La suite de fonctions Φ ne dépend que de *la forme* des frontières; elle est indépendante des valeurs données $V_1(\alpha)$, $V_2(\alpha)$ de la fonction cherchée sur ces frontières.

La suite des fonctions $\mathcal{V}_N$ ne dépend que de *la forme* des frontières; elle est la même quelle que soit l'équation $L(W) = 0$, si toutefois on conserve le même facteur d'importance $K(r, \alpha)$, d'ailleurs arbitraire.

On peut traiter de même le cas où l'une ou l'autre des données aux frontières est la dérivée normale. La seule différence intéressante porte sur le choix des fonctions simples φ_N qui ont une dérivée normale identiquement nulle sur l'une ou l'autre des frontières.

La complication de forme des φ_N augmente, sans être inabordable, lorsque la donnée à la frontière est une relation linéaire entre la fonction W et ses dérivées premières.

Des indications à ce sujet seront données ailleurs.

II. Aire de connexion multiple quelconque :

5. Le mode de construction des intégrales est exactement le même que pour une aire annulaire, à la condition d'employer les coordonnées électrostatiques décrites dans une précédente Note (16 janvier).

Il ne semble pas y avoir d'autre difficulté que la recherche, de caractère purement algébrique, de la correspondance entre la définition en coordonnées cartésiennes des conditions données sur les contours et l'expression de ces mêmes conditions à l'aide de la coordonnée de flux u. La complication provient de ce que le contour continu d'un îlot est décrit par la coordonnée u en deux ou plusieurs arcs, de u_1 à u_2, puis de u_i à u_{i+1}, etc.

Une fois cette correspondance bien décrite, pour tous les îlots, aucune difficulté nouvelle ne semble à prévoir dans la structure de l'intégrale.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration par quadratures de l'équation des lignes géodésiques.* Note [1] de M. **Jules Drach.**

Il s'agit ici de la *détermination des cas où l'équation des lignes géodésiques*, pour l'élément linéaire : $ds^2 = 4\lambda\, du\, dv$, équation qui s'écrit

$$A(f) = \lambda \frac{\partial f}{\partial u} + w \frac{\partial f}{\partial v} + 2w \frac{\partial \lambda}{\partial u} \frac{\partial f}{\partial w} = 0, \tag{1}$$

en posant $w = \lambda \frac{dv}{du}$, *possède une intégrale première de la forme*

$$\Phi = a + m_0 \log w + \Sigma m_i \log(w - \gamma_i) \qquad (i = 1, \ldots, p), \tag{2}$$

(1) Séance du 23 janvier 1933.

où les éléments γ_i et a sont, comme λ, des fonctions de u et v à trouver et les m_i des constantes complexes quelconques DONNÉES.

La méthode et son application au cas des intégrales rationnelles en w ont été exposées déjà [1]; nous traitons aujourd'hui le cas *général* où m_0 et $m_1 + \ldots + m_p$ sont différents de zéro. Le cas *singulier* est celui où ces deux quantités sont nulles. Il n'y a pas de difficulté si une seule est nulle.

I. *a*. Supposons d'abord $m_0(m_1 + \ldots + m_p) \neq 0$.

On trouve aisément, pour déterminer les γ_i et λ, le système (S_0) des relations $\lambda \partial\gamma_i/\partial u + \gamma_i \partial\gamma_i/\partial v - 2\gamma_i \partial\lambda/\partial u = 0$ $(i = 1, \ldots, p)$ avec $-2m_0 \log\lambda = m_1 \log\gamma_1 + \ldots + m_p \log\gamma_p$; a est une constante qu'on peut prendre égale à zéro. C'est ce système que nous allons intégrer; il *équivaut* à une équation aux dérivées partielles d'ordre p, pour une fonction inconnue des variables u et v, équation que l'on ne peut songer à former. La méthode consiste toujours dans l'introduction des éléments Φ_i, *caractéristiques d'Ampère*, définis par $\Phi_i = m_0 \log\zeta_i + \Sigma m_k \log(\zeta_i - \gamma_k)$, où les ζ_i sont les p racines de l'équation $\partial\Phi/\partial w = m_0/w + \Sigma m_k/w - \gamma_k = 0$.

Le système (S_0) peut se remplacer par

$$\text{(S)} \qquad \lambda\, dv - \zeta_i\, du = \Gamma_i\, d\Phi_i;$$

on y regarde u, v et les Φ_i comme des variables indépendantes et l'on cherche à trouver les Γ_i de manière que ce système (S) possède p combinaisons intégrables. Leurs intégrales égalées à des constantes définiront les Φ_i en u et v, par suite aussi les γ_i, ζ_i et λ qui sont des fonctions algébrico-logarithmiques *connues* des Φ_i.

b. Le calcul des dérivées de ces éléments est facilité par l'introduction des systèmes orthogonaux de l'espace euclidien à p dimensions où les coordonnées cartésiennes étant x_i, avec $x_i^2 = m_i\gamma_i$, les surfaces $\Phi_i =$ const. sont deux à deux orthogonales.

On a, par exemple, $\partial w/\partial\Phi_k = w/[\zeta_k \Phi''(\zeta_k)(\zeta_k - w)]$, où $\Phi''(\zeta_k) = -m_0/\zeta_k^2 - \Sigma m_i/(\zeta_k - \gamma_i)^2$. Ces formules sont vérifiées par les γ_i et si $(i \neq k)$ par les ζ_i.

On parvient aux Γ_i en considérant la deuxième intégrale de (1) donnée par la quadrature

$$(3) \qquad d\psi = \frac{\lambda\, dv - w\, du}{w^{\frac{3}{2}} \dfrac{\partial\Phi}{\partial w}} = \frac{(\lambda\, dv - w\, du)(w - \gamma_1)\ldots(w - \gamma_p)}{\sqrt{w}\,(w - \zeta_1)\ldots(w - \zeta_p)},$$

---

[1] *Proceedings of the Int. Congress of Toronto*, 1, 1924, p. 484-494; cf. aussi *Comptes rendus*, 169, 1919, p. 1155.

qui s'écrit aussi en tenant compte de (S) :

$$(4)\qquad d\psi = \frac{A\lambda\, dv}{\sqrt{w}} - \sqrt{w}\, du + \sum \frac{\sqrt{w}}{w-\zeta_i} A_i\, d\Phi_i,$$

avec $A m_0 = m_1 + \ldots + m_p$; $\Gamma_i = A_i \zeta_i^2 \Phi''(\zeta_i)$.

Nous exprimons que $d\psi$ est *différentielle exacte* en u, v, Φ_i pour tout w défini par (2); cela donne $A_i = \partial\theta/\partial\Phi_i$ avec

$$\theta = A\lambda v + \mu u + \omega \quad \text{où} \quad 2(m_0 + \ldots + m_p)\,\mu = -\Sigma m_i \gamma_i,$$

ω désignant la solution générale du système de Laplace *complètement intégrable*

$$(\Omega)\qquad \frac{\partial}{\partial\Phi_k}\left(\frac{\lambda}{\zeta_i}\frac{\partial\omega}{\partial\Phi_i}\right) = \frac{\partial}{\partial\Phi_i}\left(\frac{\lambda}{\zeta_k}\frac{\partial\omega}{\partial\Phi_k}\right),$$

dont λ, μ et $\sqrt{w}$ sont des solutions particulières. Ce système (Ω) correspond à un système *conjugué* où l'on a $h_i = 1/\sqrt{\zeta_i \Phi''(\zeta_i)}$. La fonction ω étant déterminée, l'identification des deux expressions (3) et (4) de $d\psi$ conduit, en faisant $w = \gamma_i$, aux relations *différentielles exactes* $\partial\psi_i = 0$ dont les intégrales sont $A\lambda v/\sqrt{\gamma_i} - \sqrt{\gamma_i}\, u + \int \Sigma\left[\sqrt{\gamma_i}/(\gamma_k - \zeta_i)\right](\partial\omega/\partial\Phi)\, d\Phi_i = b_i = \text{const.}$

Ces p relations définissent les Φ_i en u, v. Tout est fini. On aura également l'*intégrale finie de l'équation des lignes géodésiques*, sous la forme

$$\frac{A\lambda v}{\sqrt{w}} - \sqrt{w}\, u + \int \sum \frac{\sqrt{w}}{w - \zeta_i}\frac{\partial\omega}{\partial\Phi_i} d\Phi_i = \Psi,$$

avec les constantes Φ et Ψ, en remplaçant, *après intégration*, les Φ_i par leurs valeurs en u, v.

c. L'intégration complète par quadratures de (Ω) se fait en partant de la solution $\sqrt{w}$ qui dépend de Φ, ou mieux de la solution $\dfrac{\partial\sqrt{w}}{\partial\varphi} = \dfrac{1}{2\sqrt{w}\,\partial\Phi/\partial w}$, et généralisant cette solution. Les points singuliers de l'intégrale $\displaystyle\int \frac{f(\Phi)\, d\Phi}{\sqrt{w}\,\partial\Phi/\partial w}$, où $f(\Phi)$ est arbitraire, correspondent à $w = \zeta_i$, c'est-à-dire à $\Phi = \Phi_i$; on aura p intégrales distinctes en prenant des contours fermés convenables du plan complexe Φ, comme je l'ai indiqué récemment [1]. Mais il est préférable, en posant $\partial\omega/\partial\Phi_i = h_i E_i$, de remplacer (Ω) par un système linéaire $\partial E_i/\partial\Phi_j = \beta_{ij} E_j$ qui ne dépend que des β_{ij} de Darboux (on a ici encore $\beta_{ij} = \beta_{ji}$). Pour la solution $\sqrt{w}$ de (Ω) on aura $\partial\sqrt{w}/\partial\Phi_i = h_i \varepsilon_i$

[1] *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1337.

avec $\varepsilon_i = h_i\sqrt{w}/2(\zeta_i - w)$ et les intégrales à envisager $\int\sqrt{w}f(\Phi)d\Phi/2(w-\zeta_i)$ n'ont, en dehors des points de ramification de w, que le point singulier $\Phi = \Phi_i$.

II. *a*. L'étude du cas où $m_0 = m_1 + \ldots + m_p = 0$ est délicate : on peut donner à l'intégrale Φ la forme $\Phi = u + \Sigma m_i \log(w - \gamma_i)$ et l'on trouve une condition $v - u = \Sigma m_i \log\gamma_i$ qui s'ajoute aux p relations

$$\lambda\frac{\partial\gamma_i}{\partial u} + \gamma_i\frac{\partial\gamma_i}{\partial v} - 2\gamma_i\frac{\partial\lambda}{\partial u} = 0$$

pour déterminer les γ_i et λ.

Les caractéristiques, *autres que u et v*, sont en nombre $(p-2)$, car $\partial\Phi/\partial w = 0$ n'a que $(p-2)$ racines. Pour appliquer la méthode, nous avons introduit une fonction *auxiliaire :* $\mu = \Sigma m_i\gamma_i$, telle que $\mu = \text{const.}$ forme avec les surfaces $\Phi_i - u = \text{const.}$, $v - u = \text{const.}$ un système orthogonal de l'espace euclidien x_i, où $x_i^2 = m_i\gamma_i$.

Ceci nous a conduit, en raison de l'homogénéité d'ordre zéro des $\Phi_i - u$, à poser $w = \mu t$ et à envisager le nouveau problème aux variables u, v, t, c'est-à-dire la *détermination de l'équation*

$$(5)\qquad \frac{1}{m}\mathrm{A}(f) = \mathrm{A}'(f) = l\frac{\partial f}{\partial u} + mt\frac{\partial f}{\partial v} + 2t\left(\frac{\partial l}{\partial u} - t\frac{\partial m}{\partial v}\right)\frac{\partial f}{\partial t} = 0,$$

où l'on a $\lambda = lm$, $\mu = m^2$, *de manière qu'elle possède une intégrale première* $\Phi = u + \Sigma m_i\log(t - g_i)$ *et qu'on ait, en outre*, $\Sigma m_i g_i = 1$.

Les $(p-2)$ racines de $\partial\Phi/\partial t = 0$ étant désignées par $\theta_3, \ldots, \theta_p$, il leur correspond des *variables caractéristiques* : $\Phi_i = u + \Sigma m_k\log(\theta_i - g_k)$; les g_i, θ_i sont des fonctions algébrico-logarithmiques connues des $(p-1)$ différences $\Phi_i - u$, $v - u$; t dépend en outre de u.

La détermination des Γ_i de manière que le système (S)

$$(\mathrm{S})\qquad l\,dv - m\theta_i\,du = \Gamma_i\,d\Phi_i$$

possède $(p-2)$ combinaisons intégrables ne se fait plus de même. La deuxième intégrale ψ de (5) est encore donnée par

$$(6)\qquad d\psi = \frac{l\,dv - mt\,du}{t^{\frac{3}{2}}\dfrac{\partial\Phi}{\partial t}} = \frac{(l\,dv - mt\,du)(t-g_1)\ldots(t-g_p)}{t^{\frac{3}{2}}(t-\theta_3)\ldots(t-\theta_p)},$$

expression que l'introduction des Φ_i, par (S), permet d'écrire

$$(7)\qquad d\psi = \sqrt{t}\left\{m\,du\left(-t + \mathrm{R} + \frac{1}{\sigma t}\right) + l\,dv\left(1 - \frac{1}{\sigma t^2} + \frac{\mathrm{S}}{\sigma^2 t}\right) + \sum\frac{\mathrm{B}_i\,d\Phi_i}{t-\theta_i}\right\}$$

en posant $R = \Sigma m_i g_i^2$, $\sigma = \Sigma m_i/g_i$, $S = \Sigma m_i/g_i^2$. Mais on ne peut déterminer les B_i de manière que (7) soit différentielle exacte.

b. En observant que l'identification des deux formes de $d\psi$ donne les équations

$$d\psi_i = m\,du\left(-g_i + R + \frac{1}{\sigma g_i}\right) + l\,dv\left(1 - \frac{1}{\sigma g_i^2} + \frac{S}{\sigma^2 g_i}\right) + \sum \frac{B_k\,d\Phi_k}{g_i - \theta_k} = 0,$$

nous avons été conduits à écrire que les *différences* $(\partial\psi_i - \partial\psi_1)$, où $(i = 2, \ldots, p)$, sont différentielles exactes. Ceci donne les conditions $B_k = \partial\theta/\partial\Phi_k$, où θ satisfait d'abord au système de Laplace, complètement intégrable, *indépendant de* v,

$$(\Lambda)\qquad \frac{\partial^2\theta}{\partial\Phi_i\,\partial\Phi_k} - \frac{1}{\Phi''(\theta_k)(\theta_k - \theta_i)^2}\frac{\partial\theta}{\partial\Phi_i} - \frac{1}{\Phi''(\theta_i)(\theta_i - \theta_k)^2}\frac{\partial\theta}{\partial\Phi_k} = 0;$$

on a en outre les relations $m = \partial a(u)/\partial u$, $l\sigma = a(u) + b(v)$, les fonctions $a(u)$ et $b(v)$ étant *arbitraires* et enfin des équations *non homogènes :*

$$(\Lambda')\quad \frac{\partial^2\theta}{\partial u\,\partial\Phi_i} + (2\theta_i - R)\frac{\partial\theta}{\partial\Phi_i} = \frac{\dfrac{\partial a}{\partial u}}{\Phi''(\theta_i)}\left(1 + \frac{1}{\sigma\theta_i^2}\right); \qquad \frac{\partial^2\theta}{\partial v\,\partial\Phi_i} = (a + b)\frac{\partial}{\partial\Phi_i}\left(\frac{S}{\sigma^3}\right).$$

Le système (Λ) donne les expressions $h_i = 1/\sqrt{\Phi''(\theta_i)}$ et peut se remplacer par (L) : $\partial E_i/\partial\Phi_j = \beta_{ij}E_j$ où $\beta_{ij} = \beta_{ji}$ *ne dépend plus de u et de v*. Les équations (Λ') donnent alors :

$$(L')\qquad \frac{\partial E_i}{\partial u} = h_i\frac{\partial a}{\partial u}\left(1 + \frac{1}{\sigma\theta_i^2}\right), \qquad \frac{\partial E_i}{\partial v} = h_i(a + b)\frac{\partial}{\partial v}\frac{1}{(\sigma\theta_i^2)}.$$

Les E_i connus, on définit les Φ_i par les relations intégrales $\int(\partial\psi_i - \partial\psi_1) = c_i$, les c_i étant des constantes, nécessairement liées par la relation

$$m_2 c_2 + \ldots + m_p c_p = 0.$$

L'intégrale générale de l'équation des géodésiques est, de même, donnée par $\int\left(1/\sqrt{l}\,d\psi - \partial\psi_1\right) = \psi$ *avec les constantes* Φ et ψ, où l'on remplace les Φ_i par leur expression en u, v; enfin l'on a $\lambda\sigma = (a + b).\partial a/\partial u$.

c. L'intégration complète de (Λ, Λ') se fait par quadratures en partant de l'intégrale générale du système *homogène*, suivant la méthode de Cauchy ; nous avons indiqué plus haut la méthode pour le système homogène. Mais il vaut mieux intégrer (L) en partant de la solution, dépendant de Φ, qui correspond à $\theta = t$, c'est-à-dire $\partial t/\partial\Phi_i = h_i\varepsilon_i$, $\varepsilon_i = (h_i/\theta_i).t/(\theta_i - t)$.

Le détail de ces calculs, l'examen des cas singuliers et les applications particulières seront publiés ailleurs; nous reviendrons ici sur les raisons d'ordre général qui expliquent le succès de la méthode.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Essai d'une théorie expliquant le rôle des mycorhizes de la Canne.* Note de M. **J. Costantin.**

Le Champignon des mycorhizes de la Canne à sucre a été découvert par Treub en 1885. Il lui donna le nom provisoire de *Pythium* : il croyait avoir affaire à une Péronosporée. Ce mot avait déjà été employé par lui, dès 1880, dans ses célèbres recherches sur les prothalles des Lycopodes qui donnèrent une base solide à la conception de la symbiose; il est équitable de rappeler que ceci avait été entrevu en 1885 par De Bary. Il est à noter que ni De Bary, ni Treub n'ont signalé que le genre Lycopode est un genre montagnard; j'ai été, je crois, le premier à signaler ce fait important [1].

Or, en 1885, Treub fut très surpris de découvrir que le *Pythium* de la Canne existait dans des plantes ayant le Séreh, maladie apparue officiellement à Java, en 1883. Ce même Champignon ayant été retrouvé à nouveau sur cette plante dégénérée par Soltwedel, puis par Krüger, on fut amené à penser qu'il ne s'agissait pas dans ce cas d'un symbiote mais bien d'un parasite grave et cause du Séreh.

On sait tous les mirages que rencontrèrent et poursuivirent en vain tous les chercheurs qui s'attaquèrent à ce difficile problème. Soltwedel, en 1886, remarqua qu'une Anguillule, le *Tylenchus Sacchari* Soltwedel, existait sur les Cannes malades et pouvait bien être aussi la cause de leur altération.

L'hypothèse de Treub sur le *Pythium* de la Canne a été battue en brèche par Wakker, mais il était réservé à Tschirch, en 1891, d'établir avec certitude que ce Champignon n'était pas parasite et entrait dons la constitution des mycorhizes de la Canne. C'est là une importante découverte.

J'ai émis l'hypothèse, en 1922 puis en 1927, que les mycorhizes pouvaient avoir un lien avec la dégénérescence. Cette opinion n'a pas toujours été bien comprise par les savants éminents qui étudiaient cette dernière question si difficile. Comme ils croyaient, avec juste raison d'ailleurs, avoir découvert dans les ultra-virus la cause de ces graves

---

(1) *Caractère montagnard du genre* Lycopdium L. (*Bull. Mus.*, 32, 1926, p. 416).

phénomènes pathologiques, ils ne concevaient pas comment on pouvait voir aucun rapport avec les Champignons symbiotiques. Ce rapport existe cependant et il découle de l'action de l'altitude sur la dégénérescence (Canne, Pomme de terre).

Ce qu'il s'agit d'expliquer, ce n'est pas *cause* de la dégénérescence, mais la *raison de sa guérison*. Selon moi, la cause du mal c'est le virus, la raison de sa disparition c'est l'existence de mycorhizes.

Il est vrai qu'on a pensé expliquer l'efficacité du traitement montagnard contre ces affections en faisant remarquer qu'elles ne se propagent par sur les hauteurs tandis qu'elles abondent dans la plaine. Le virus dans les contrées basses s'étend grâce à la présence des pucerons qui transportent le virus des plantes malades sur les plantes saines. Il ne peut pas en être ainsi sur les montagnes, disait-on, puisque les insectes vecteurs manquent.

Malheureusement les observations précédentes ne sont pas toujours vraies : parfois il peut y avoir de la dégénérescence en montagne et même beaucoup; d'autre part, les pucerons peuvent y exister. Ainsi donc la théorie d'après laquelle ces maladies sont transmises par les insectes n'explique pas le rôle assez singulier de l'altitude.

L'emploi de boutures alpestres est reconnu efficace contre le Séreh de la Canne depuis 43 ans d'expérimentation agricole en grand. Il faut donc découvrir comment une pareille technique certaine peut agir.

Il y a d'ailleurs un fait qui ne peut être compris s'il y a des pucerons ou même s'il n'y en a pas, c'est le suivant : pourquoi les Cannes élevées en montagne *résistent-elles* pendant six ans au moins en plaine quand on y fait de nouvelles plantations. Ceci m'amène à revenir à ma théorie.

Avant que Soltwedel (mort en 1889) ait proposé l'emploi de pépinières montagnardes contre de Séreh, il a essayé la *sélection en plaine* qui consiste à détruire les plantes malades pour isoler les plantes saines. Comment a-t-il procédé? 1° Il a pu d'abord récolter ces dernières, sans aucun symptôme pathologique afin de les débiter en tronçons de tiges ou boutures pour les nouvelles cultures. Ce traitement est efficace; on a toujours constaté depuis, notamment Kuijper en 1925, qu'il y avait de 20 à 60 pour 100 de pieds contaminés. 2° il est probable, au moins au début, que Soltwedel a aussi utilisé les pieds les moins malades en éliminant toutes les parties pourries et trop fortement altérées. Il a constaté après que les caractères pathologiques réapparaissaient très vite et souvent dans la proportion de 100 pour 100.

Entre 1885 et 1889, Soltwedel commença la propagation de la Canne et sa *sélection en montagne*, Il est évident qu'il a dû procéder comme en plaine par les deux méthodes précédentes.

D'après l'observation faite plus tard, en 1891, par Tschirch, Soltwedel, en employant des bases de tiges et les rhizomes adjoints, introduisait inconsciemment dans les deux cas le *Pythium* existant dans certaines boutures; de là, il se propageait dans le sol envahissant bientôt les racines des nouvelles boutures. Il en avait été de même en plaine. Malheureusement, en employant des boutures du second type, il propageait les virus en montagne; nous allons voir pourquoi on ne s'en aperçut pas d'abord. Kuijper a montré, en effet, en 1925, qu'on observe en montagne qu'une très faible proportion de malades : parfois zéro, au plus 1,5 pour 100. Il est probable que la proportion de malades est souvent plus forte, mais toujours inférieure à celle de la plaine.

Ce résultat prouve manifestement qu'un autre facteur doit agir pour expliquer les différences des résultats culturaux au point de vue pathologique en plaine et en montagne et ce ne pouvait être que l'altitude : les techniques agricoles étant exactement les mêmes dans les deux cas; c'est donc la montagne qui crée la *résistance*.

L'*Aphis Maidis*, puceron vecteur de la Mosaïque de la Canne (Brandes, 1919) et du Séreh, ne produit rien de tel ni en plaine, ni en montagne puisqu'il y est aussi présent (Van Breemen, 1927). L'insecte ne peut propager que la maladie et maintenir son intensité; ce n'est qu'un facteur entretenant la virulence. Il ne peut donc pas créer la résistance.

Envisageons maintenant, au lieu des variétés cultivées, l'espèce sauvage de la Canne (*Saccharum spontaneum*), qui pousse sur les montagnes. Elle possède des mycorhizes richement développées (fait à recontrôler).

On sait d'ailleurs que chez les Pommes de terre sauvages des Andes (*Solanum Maglia*), qui croissent à 4000^{m} d'altitude, il y en a de superbes (Mme Noël Bernard et J. Magrou, 1911).

D'autre part, les Lycopodes en montagne prennent parfois une extension extraordinaire; on a signalé des espèces qui envahissaient plusieurs hectares, formant un feutrage serré dans les prairies alpines (Frère Marie Victorin, au Canada, 1925). Parfois ces plantes se montrent *en ronds de sorcières* comme pour les *Tricholoma Georgii* et *Merasmicos oreades*. Cette particularité a été signalée pour plusieurs espèces de l'Amérique du Nord et d'Europe : elle indique un puissant développement des Champignons dans le sol. C'est dans les régions alpines et circumpolaires que ces espèces de Cryptogames vasculaires réussissent le mieux. L'aire d'extension du *Lycopodium complanatum* est continue de l'Alaska au Labrador et dans tout le Canada. Il disparaît dans les États-Unis et reparaît dans les montagnes rocheuses.

Il me reste à envisager le cas de l'hybride spontané *Kassoer*, issu du croisement de la Canne sauvage et de *Black-Chéribon* et à chercher pourquoi ce type est doué d'immunité vis-à-vis du Séreh (Soltwedel et Jeswiet).

Le pollen de *spontaneum* (père de *Kassoer*) ne contient pas de traces de filaments

du *Pythium*, non plus que les graines de *Kassoer* développées sur *Black-Chéribon* à la suite de la fécondation croisée. Lorsque cette graine hybride emportée par le vent tombe sur le sol de la montagne rempli de filaments de *Pythium*, ses jeunes radicelles se contaminent et *Kassoer* adulte a des mycorhizes. Si elles tombaient sur un sol vierge elles pourraient être sans mycorhyzes.

Or on sait que cet hybride spontané, plante montagnarde, pourvue de Champignons symbiotiques, est, en même temps, douée d'une remarquable résistance au Séreh, tandis que toutes les variétés cultivées de Canne sans exception sûccombent. L'immunité de *Kassoer* vis-à-vis de cette maladie est surprenante et inexplicable. Il semble donc naturel d'admettre qu'il y a un *lien entre les mycorhizes et la résistance*.

Les résultats précédents s'appliquent non seulement au Séreh, mais aussi à la Mosaïque de la Canne, autre maladie dégénérescence bien typique.

La symbiose pour le *Saccharum officinarum*, pour le *S. spontaneum* et pour leur hybride est une association à bénéfice réciproque : le Champignon trouve abri et nourriture ; le consortium apporte la résistance à la Canne qui n'a plus à redouter ses ennemis. Une plante dépourvue de Champignon ou asymbiotique, qui se rencontre parfois dans la nature, est un végétal désarmé et l'on ne doit pas s'étonner qu'il puisse succomber à la dégénérescence.

J'ai insisté sur ces conceptions en 1927, mais sans trouver la formule décisive. La rusticité, terme que j'ai employé la première fois en 1927, a paru surprendre beaucoup d'esprits même hostiles à ma manière de voir. Ce mot est synonyme de santé et accompagne souvent la vie montagnarde des animaux et des plantes. Pour ces dernières, en dehors de la Canne, on a établi avec une remarquable précision que le Caféier sauvage (nandi, *Coffea eugenioides*) possède une résistance surprenante à 2000^{m} au Kenya (colonie anglaise africaine) aux attaques de la rouille (*Hemileia vastatrix*) et c'est par les expériences de Dowson (1921) que ce point a été établi. Cette résistance explique pourquoi le Caféier d'Arabie ne réussit qu'à une altitude suffisamment élevée (Jumelle), sinon il succombe sous les invasions de l'*Hemileia*. Il n'est pas nécessaire d'insister sur le fait qu'il s'agit ici d'un parasite très différent de ceux qui caractérisent les maladies de la dégénérescence (microbes invisibles).

Il apparaît donc que la résistance créée par la montagne est un phénomène d'une certaine généralité. Cette dernière constatation concernant les Urédinées tropicales donne l'espoir qu'il pourra en être de même pour la rouille du Blé, problème posé depuis que Moïse menaçait les Israélites de la pourriture (*Ustilago*) et de la rouille (*Puccinia*) s'ils ne suivaient pas les ordonnances du Seigneur.

M. **E. Jouguet** fait hommage à l'Académie d'une Notice sur *Auguste Rateau* (1863-1930).

M. **Léon Guillet** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé : *Allez mes enfants... et vous serez des chefs.*

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Le Tome dix-septième des *Œuvres complètes de* Christiaan Huygens publiées par la Société hollandaise des Sciences.

2° Kinkiti Musya. *Investigations into the luminous Phenomena accompanying Earthquakes. The Earthquake Research Institute*, Tokyo Imperial Univ., Japan.

3° Gustave Juvet. *Leçons d'Analyse vectorielle.* Première partie : *Géométrie différentielle des courbes et des surfaces; Théorie mathématique des champs.* (Présenté par M. E Cartan.)

GÉOMÉTRIE. — *Sur le théorème de Poncelet.* Note [1] de M. **René Lagrange**, présentée par M. Elie Cartan.

Le théorème général de Poncelet relatif aux polygones de n côtés circonscrits à n coniques $\Gamma_1, \Gamma_2, \ldots, \Gamma_n$ d'un faisceau F et inscrits dans une conique C de F, ainsi que la condition de fermeture de Cayley, s'étendent aisément aux polygones gauches dont les n côtés appartiennent à n quadriques $Q_1, Q_2, \ldots, Q_n$ d'un faisceau Φ et qui sont inscrits dans la biquadratique Λ de Φ. La seule précaution à prendre est que n soit pair, ce qui se conçoit aisément puisque, lorsque les n quadriques Q_ρ sont confondues, la fermeture ne peut se produire que par la rencontre de deux génératrices rectilignes de familles différentes.

(1) Séance du 23 janvier 1933.

$S_1S_2S_3S_4$ désignant le tétraèdre autopolaire de Φ, les 4 familles des contours apparents des Q_ρ vues de $S_i (i=1, 2, 3, 4)$ constituent 4 faisceaux F_i de coniques, situés respectivement dans les 4 faces du tétraèdre, et les perspectives de Λ sont 4 coniques C_i de ces faisceaux. Toute ligne polygonale inscrite dans Λ et tracée sur Q_1, Q_2, ... admet ainsi 4 perspectives formées de lignes polygonales inscrites dans une conique C_i et circonscrites aux contours apparents $\Gamma_1^{(i)}$, $\Gamma_2^{(i)}$, ... de ces quadriques. Or 4 droites tangentes aux 4 contours apparents d'une même quadrique Q de Φ ne peuvent être les perspectives que d'une génératrice rectiligne de Q, donc la condition nécessaire et suffisante pour que la ligne polygonale gauche soit fermée est que ses 4 perspectives le soient.

En coordonnées tétraédrales de base $S_1S_2S_3S_4$, le faisceau Φ a une équation de la forme

$$Q_\rho \equiv \sum_{i=1}^{4} (\rho - \alpha_i) x_i^2 = 0.$$

Dans le plan $x_i = 0$, les équations de $\Gamma_\rho^{(i)}$ et C_i sont

$$\Gamma_\rho^{(i)} \equiv \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^{4} (\rho - \alpha_k) x_k^2 = 0,$$

$$C_i \equiv \Gamma_{\alpha_i}^{(i)} \equiv \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^{4} (\alpha_i - \alpha_k) x_k^2 = 0.$$

On peut donc écrire l'équation de $\Gamma_\rho^{(i)}$ sous la forme

$$\lambda C^{(i)} + \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^{4} x_i^2 = 0 \qquad \left(\lambda = \frac{1}{\rho - \alpha_i}\right).$$

L'équation en λ du faisceau des $\Gamma_\rho^{(i)}$ est alors

$$\Delta(\lambda) \equiv \prod_{k=1}^{4} [\lambda(\alpha_i - \alpha_k) + 1] = \frac{f(\rho)}{(\rho - \alpha_i)^4} = 0,$$

où

$$f(\rho) \equiv \prod_{k=1}^{4} (\rho - \alpha_k).$$

La condition de fermeture pour un polygone de $n = 2p$ côtés inscrit

dans $C^{(i)}$ et circonscrit à $\Gamma_1^{(i)}, \Gamma_2^{(i)}, \ldots, \Gamma_n^{(i)}$ est alors exprimée par l'annulation du déterminant de Cayley

$$\left| 1 \quad \lambda_r \quad \lambda_r^2 \quad \ldots \quad \lambda_r^p \quad \sqrt{\Delta(r)} \quad \lambda_r\sqrt{\Delta(\lambda_r)} \quad \ldots \quad \lambda_r^{p-2}\sqrt{\Delta(\lambda_r)} \right|$$
$$(r=1, 2, \ldots, 2p),$$

c'est-à-dire par l'équation

$$D_{2p} \equiv \left| 1 \quad \rho_r \quad \rho_r^2 \quad \ldots \quad \rho_r^p \quad \sqrt{f(\rho_r)} \quad \rho_r\sqrt{f(\rho_r)} \quad \ldots \quad \rho_r^{p-2}\sqrt{f(\rho_r)} \right| = 0$$

qui ne dépend pas de l'indice i.

Il est clair que lorsque le faisceau Φ est rapporté à un tétraèdre quelconque, $f(\rho)$ est le polynome covariant de ce faisceau

$$Q_\rho \equiv \rho Q + Q' = 0.$$

La transformation dualistique de cette extension est immédiate.

Lorsque Λ est une biquadratique sphérique, une inversion par rapport à un point O de la sphère Σ du faisceau fournit une propriété intéressante des cycliques planes. Tout d'abord les cordes mn d'une telle cyclique λ qui sont cocirculaires avec une corde fixe $\alpha\beta$ enveloppent une conique Γ. La famille de ces coniques possède 3 coniques tangentes à une droite donnée; chaque conique Γ définit par ses tangentes une correspondance biquadratique entre les points de λ. On a ainsi le théorème : *Étant données une cyclique plane λ et la famille des coniques Γ enveloppées par les cordes de λ qui sont cocirculaires avec une certaine corde fixe; si un polygone $a_1\, a_2 \ldots a_{2p}$ de $2p$ côtés, inscrit dans λ, se meut de façon que $2p-1$ de ses côtés enveloppent $\Gamma_1, \Gamma_2, \ldots, \Gamma_{2p-1}$ respectivement, et cela de façon que a_i, a_{i+1} se correspondent relativement à Γ_i, le $2p^{ième}$ côté enveloppe une conique Γ_{2p}, avec correspondance de ses extrémités relativement à Γ_{2p}.* La condition pour que $2p$ coniques Γ soient ainsi associées se déduit immédiatement de $D_{2p}=0$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une propriété des suites des fonctions analytiques bornées sur une courbe.* Note (¹) de M. **F. Leja**, présentée par M. Émile Borel.

1. Soit

(1) $$f_0(z),\ f_1(z),\ \ldots,\ f_n(z),\ \ldots$$

une suite de fonctions analytiques holomorphes dans son domaine D. Je

(¹) Séance du 16 janvier 1933.

dirai que le *facteur de convergence* de cette suite dans le voisinage d'un point z_0 de D est égal à λ_{z_0} si λ_{z_0} est la borne supérieure de tous les nombres $l \geqq 0$ pour lesquels la suite

$$(2) \qquad f_n(z) l^n \qquad (n = 0, 1, \ldots)$$

est uniformément convergente dans un voisinage du point z_0 (ce voisinage pouvant dépendre de l) (¹).

Le facteur de convergence peut, en général, être un nombre quelconque positif, nul ou infini.

Mais, si la suite (1) est bornée sur une courbe passant par le point z_0 le facteur λ_{z_0} jouit de la propriété remarquable suivante :

Théorème 1. — *Si la suite* (1) *est bornée presque partout* (²) *sur un arc l arbitrairement petit aboutissant au point z_0 le facteur de convergence λ_{z_0} de cette suite est toujours ou bien égal à zéro ou bien au moins égal à l'unité.*

Démonstration. — Il suffit de prouver que, si $\lambda_{z_0} > 0$, on a $\lambda_{z_0} \geqq 1$. Supposons donc qu'il existe un nombre positif θ et un cercle

$$(3) \qquad |z - z_0| < \rho,$$

tel que la suite (2) soit uniformément convergente dans ce cercle pour $l = \theta$ et soit $M > 0$ un nombre tel que, dans ce cercle, on ait

$$(4) \qquad |f_n(z)\theta^n| < M \qquad \text{pour} \quad n = 0, 1, \ldots.$$

Posons

$$(5) \qquad f_n(z) = \sum_{k=0}^{\infty} a_k^{(n)}(z - z_0)^k = P_n(z) + \sum_{k=n+1}^{\infty} a_k^{(n)}(z - z_0)^k \qquad (n = 0, 1, \ldots)$$

où

$$(6) \qquad P_n(z) = \sum_{k=0}^{n} a_k^{(n)}(z - z_0)^k \qquad (n = 0, 1, \ldots).$$

D'après les formules classiques de Cauchy on obtient de (4) les inégalités suivantes :

$$(7) \qquad |a_k^{(n)}\theta^n| \leqq \frac{M}{\rho^n} \qquad \text{pour } k \text{ et } n = 0, 1, \ldots.$$

(¹) Une notion analogue du « *facteur de convergence* d'une série de polynomes dans un domaine » a été introduite dans deux Notes précédentes, voir *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 506-509 et p. 764-766.

(²) C'est-à-dire partout à l'exception d'un ensemble de mesure linéaire nulle.

donc, quel que soit $n = 0, 1, \ldots$, on a dans le cercle (3)

$$|P_n(z)| \leqq |f_n(z)| + \frac{M}{\theta^n} \sum_{k=n+1}^{\infty} \frac{|z-z_0|^k}{\rho^k} = |f_n(z)| + \left|\frac{z-z_0}{\theta\rho}\right|^{n+1} \frac{M\theta}{1 - \frac{|z-z_0|}{\rho}}.$$

Il s'ensuit, d'après l'hypothèse, que la suite de polynomes (6) est bornée sur la partie de l'arc φ qui se trouve à l'intérieur du cercle

(8) $$|z - z_0| < \theta\rho.$$

Je m'appuierai maintenant sur le lemme suivant dont la démonstration, assez longue, sera publiée ailleurs :

Si une suite de polynomes (6) *est bornée presque partout sur un arc quelconque aboutissant au point z_0 le facteur de convergence λ_{z_0} de cette suite est toujours au moins égal à l'unité.*

Cela posé, soit $\varepsilon > 0$ un nombre < 1. De (5) et (7) on obtient l'inégalité

$$|f_n(z)|(1-\varepsilon)^n \leqq |P_n(z)|(1-\varepsilon)^n + \left|\frac{z-z_0}{\theta\rho}\right|^{n+1} \frac{M\theta(1-\varepsilon)^n}{1 - \frac{|z-z_0|}{\rho}},$$

d'où résulte le théorème en vertu du lemme.

Observons que les deux cas $\lambda_{z_0} = 0$ et $\lambda_{z_0} \geqq 1$ sont effectivement possibles ([1]).

2. La propriété des suites des fonctions analytiques qui vient d'être démontrée permet de généraliser un théorème de M. F. Hartogs ([2]), fondamental pour la théorie des fonctions analytiques de deux variables, qu'on peut énoncer comme il suit :

Si une série des fonctions analytiques

(9) $$\sum_{n=0}^{\infty} f_n(z)$$

converge partout dans un domaine fermé D [*dans lequel les fonctions $f_n(z)$ sont holomorphes*] *et s'il existe un nombre* $\theta > 0$ *tel que la série*

(10) $$\sum_{n=0}^{\infty} f_n(z)\, t^n$$

([1]) Voir *Mathematica*, 6, 1932, p. 91.

([2]) *Math. Ann.*, 62, 1906, p. 9.

soit uniformément convergente dans D *pour* $l = \theta$, *la série* (10) *converge uniformément dans* D *pour tout* $|l| < 1$.

Or il suit du théorème 1 ce que voici :

THÉORÈME 2. — *Si la série* (9) *est bornée presque partout sur la frontière de* D *et si le facteur de convergence* λ_z *de la suite* $[f_n(z)]$ *est positif en tout point* z *de cette frontière, la série* (10) *converge uniformément dans* D *pour tout* $|l| < 1$.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les points de détachement des lignes de glissement.* Note de M. **A. Weinstein**, présentée par M. Henri Villat.

Dans la présente Note je me propose d'étendre les résultats obtenus dans ma Note *Sur les sillages provoqués par des arcs circulaires* (*Rendiconti d. R. Acc. dei Lincei*, 1932), concernant la position des points de détachement des lignes de glissement d'un mouvement discontinu d'un fluide à deux dimensions en présence d'un obstacle circulaire de rayon 1.

Désignons par O le point de bifurcation du mouvement. Nous allons nous borner à la considération des mouvements symétriques par rapport à ce point de la circonférence, auquel nous allons faire correspondre la valeur o du potentiel de vitesse. Il suffira de considérer un des deux points de détachement. Soit a^2 la valeur du potentiel de vitesse en ce point, la valeur absolue de la vitesse étant égale à 1 le long des lignes de glissement. Posons $\lambda = a^2/\pi$. L'arc Δ de la circonférence entre le point O et le point de détachement est donné (*loc. cit.*) en fonction de λ par la formule

$$(1) \qquad \Delta = \Delta(\lambda) = 2\pi\lambda \int_0^{\frac{\pi}{2}} e^{-t(y,\lambda)} p(y)\,dy \qquad [p(y) = \sin y + \sin^2 y],$$

où $t(x, \lambda)$ est la solution de l'équation intégrale non linéaire

$$(2) \qquad t(x, \lambda) = \lambda \int_0^{\frac{\pi}{2}} e^{-t(y,\lambda)} p(y)\,\mathrm{K}(x, y)\,dy; \qquad \left\{\mathrm{K}(x, y) = \log\left[\frac{\sin x + \sin y}{\sin x - \sin y}\right]^2\right\}.$$

Cette équation admet d'après les théorèmes de M. Hammerstein une solution et une seule pour chaque valeur de $\lambda \geqq 0$.

Cette solution est une fonction continue et même analytique dans l'intervalle

$$0 \leqq \lambda < \frac{1}{\mathrm{F_M}},$$

où $F_M = 11,93\ldots$ désigne le maximum de la fonction

$$F(x) = \int_0^{\frac{\pi}{2}} p(y)\,K(x, y)\,dy,$$

dans l'intervalle $0 \leqq x \leqq \pi/2$.

Pour obtenir ce résultat il suffit, d'après la théorie générale de M. E. Schmidt ([1]), de démontrer le fait suivant :

L'équation intégrale linéaire et homogène

$$(3) \qquad \chi(x) + \lambda \int_0^{\frac{\pi}{2}} e^{-t(y,\lambda)} p(y)\,K(x, y)\,\chi(y)\,dy = 0$$

n'admet pas, pour $0 \leqq \lambda < 1/F_M$, *de solution* $\chi(x)$ *différente de* 0. Soit, en effet ([2]), X le maximum du module d'une solution de (3). On aura, vu que $t(x, \lambda)$ est $\geqq 0$, l'inégalité

$$|\chi(x)| \leqq \lambda X \int_0^{\frac{\pi}{2}} p(y)\,K(x, y)\,dy \leqq \lambda F_M X.$$

Donc on aura en particulier $X \leqq \lambda F_M X$, c'est-à-dire $X = 0$ [et par conséquent $\chi(x) \equiv 0$] pour $\lambda F_M < 1$, q. e. d.

Or nous avons obtenu (*loc. cit.*) pour $\Delta(\lambda)$, qui est une fonction analytique dans le même intervalle que $t(x, \lambda)$, l'inégalité $\Delta(1/F_M) > 19°30'$. On peut donc affirmer que *chaque point de la circonférence dont la distance angulaire comptée à partir de* 0 *ne surpasse pas* 19°30′ *est le point de détachement d'une ligne de glissement.*

Il est aisé de voir que $\Delta(\lambda)$ est une fonction *croissante* de λ dans l'intervalle $0 \leqq \lambda < 1/2F_M$. En effet, on a

$$\frac{d\Delta}{d\lambda} = 2\pi \int_0^{\frac{\pi}{2}} e^{-t(y,\lambda)} p(y) \left[1 - \lambda \frac{\partial t(y, \lambda)}{\partial \lambda}\right] dy,$$

Or on a, d'après (2),

$$\frac{\partial t(x, \lambda)}{\partial \lambda} = \int_0^{\frac{\pi}{2}} e^{-t(y,\lambda)} p(y)\,K(x, y) \left[1 - \lambda \frac{\partial t(y, \lambda)}{\partial \lambda}\right] dy ;$$

([1]) *Mathematische Annalen*, 65, 1908, p. 370-399.

([2]) Cf. A. WEINSTEIN, *Sitzungsb. Berliner Mathem. Gesellschaft*, 14, 1927, p. 37.

donc

$$\left|\frac{\partial t(x,\lambda)}{\partial\lambda}\right| < \int_0^{\frac{\pi}{2}} e^{-t(y,\lambda)} p(y)\,\mathrm{K}(x,y)\,dy + \left|\int_0^{\frac{\pi}{2}} e^{-t(y,\lambda)} p(y)\,\mathrm{K}(x,y)\lambda\frac{\partial t(y,\lambda)}{\partial\lambda}\,dy\right|$$

$$< \mathrm{F}(x) + \lambda\left|\frac{\partial t(x,\lambda)}{\partial\lambda}\right|_{\mathrm{M}} \mathrm{F}(x),$$

où $|\partial t(x,\lambda)/\partial\lambda|_{\mathrm{M}}$ désigne le maximum de $|\partial t(x,\lambda)/\partial\lambda|$ dans l'intervalle $0 \leqq x \leqq \pi/2$. On aura en particulier

$$\left|\frac{\partial t(x,\lambda)}{\partial\lambda}\right|_{\mathrm{M}} < \mathrm{F}_{\mathrm{M}} + \lambda \mathrm{F}_{\mathrm{M}}\left|\frac{\partial t(x,\lambda)}{\partial\lambda}\right|_{\mathrm{M}};$$

donc

$$\lambda\left|\frac{\partial t(x,\lambda)}{\partial\lambda}\right| < \frac{\lambda\mathrm{F}_{\mathrm{M}}}{1-\lambda\mathrm{F}_{\mathrm{M}}} < 1 \qquad \text{pour} \quad 0 \leqq \lambda < \frac{1}{2\mathrm{F}_{\mathrm{M}}},$$

ce qui démontre que $d\Delta/d\lambda$ est positive dans cet intervalle. Il est d'ailleurs aisé de voir en utilisant l'inégalité (cf. *loc. cit.*)

$$\Delta(\lambda) > \frac{(\pi+4)\pi}{2}\lambda e^{-\lambda\mathrm{F}_{\mathrm{M}}}$$

que $\Delta(1/2\mathrm{F}_{\mathrm{M}})$ est $> 16°15'$.

Remarque. — La vitesse d'un mouvement physiquement acceptable doit être inférieure à 1 le long de la paroi (¹). La distance angulaire d'un point de détachement comptée à partir de O étant sur la circonférence inférieure à π, on aura pour ces mouvements l'inégalité $a^2 < \pi$, c'est-à-dire $\lambda < 1$. Il suffit donc de se borner à l'étude des fonctions $t(x,\lambda)$ et $\Delta(\lambda)$ dans l'intervalle $0 \leqq \lambda < 1$. D'après les résultats classiques sur les équations intégrales linéaires [appliqués à (3)] il serait aisé de démontrer que t est une fonction analytique de λ dans l'intervalle

$$\left(0, \frac{1}{\sqrt{\int_0^{\frac{\pi}{2}}\int_0^{\frac{\pi}{2}} \mathrm{K}^2\,dx\,dy}}\right),$$

qui est plus grand que $(0, 1/\mathrm{F}_{\mathrm{M}})$. Il faut pourtant remarquer que cette observation ne pourra être utilisée que lorsque l'inégalité $0 \leqq t(x,\lambda) < \lambda\mathrm{F}(x)$ sera remplacée par une inégalité plus précise.

(¹) H. VILLAT, *Leçons sur l'Hydrodynamique* (Gauthier-Villars, 1929, Chap. VII).

MÉCANIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Centrifugeuse sans axe de parfaite stabilité et de grande vitesse angulaire.* Note de MM. **Pierre Girard** et **Ch. Chukri**, présentée par M. Jean Perrin.

Lorsqu'un puissant jet d'air s'échappe d'un ajutage conique une sphère placée à quelques millimètres du cône est violemment aspirée sans d'ailleurs toucher le cône.

Une expérience ancienne de Clément et Desormes rend compte de cet effet pneumatique que MM. Henriot et Huguenard ont eu, les premiers, l'idée de substituer à l'axe d'une centrifugeuse. Sur ce principe remarquable, ils ont construit des centrifugeuses d'un modèle industriel dont la vitesse angulaire est d'environ 1000 t/sec et qui sont stables.

Mais du point de vue de l'expérimentation scientifique l'intérêt va surtout à de petits rotors de 1 à 2^{cm} de section dont les vitesses angulaires dépassent 6000 t/sec, le champ centrifuge à la périphérie atteignant un million de fois g. Malheureusement, ces petits rotors, surtout s'ils sont creux, ne présentent pas de stabilité. Lorsqu'ils ont atteint le régime de vitesse intéressant l'expérimentateur ils ne tardent pas à sauter hors du stator.

Les modifications que nous avons apportées au dispositif qu'ont décrit MM. Henriot et Huguenard (¹) assurent à ces petits rotors une stabilité parfaite, leur vitesse angulaire réglable à volonté atteignant les valeurs extrêmement élevées obtenues par ces auteurs.

Effet Clément-Desormes. — La stabilité du rotor est obtenue lorsque son poids et l'effet pneumatique d'une part, d'autre part l'action du jet gazeux qui s'échappe des tuyères et qui tend à soulever le rotor s'équilibrent exactement. Le rotor tournant sur la nappe annulaire gazeuse qui le supporte, l'effet Clément-Desormes, qui croît très vite avec la vitesse angulaire du rotor jusqu'à ce qu'un régime de vitesse maxima soit atteint, peut devenir brusquement trop grand et surcompenser l'effet d'expulsion du jet d'air. L'effet pneumatique intervient alors à la façon d'un coup de frein brusque en régime de marche rapide. Le rotor tend à inverser le sens de sa rotation et saute hors du stator. En somme cet effet Clément-Desormes n'intervient comme facteur de stabilité qu'à la condition d'être réglable. Dans ce but nous avons fait arriver au centre de la très mince cuvette conique, qui, dans notre dispositif, constitue le stator, un conduit indépendant des tuyères

(¹) Voir *Journal de Physique et Radium*, 6ᵉ série, 8, 1927, p. 433.

d'alimentation permettant par vis et pointeau de régler l'arrivée de l'air extérieur et par suite l'effet pneumatique.

Inertie du stator. — Le rotor peut devenir, sans qu'on en sache bien la cause, le siège de mouvements de nutation qui cessent d'ailleurs aussi brusquement qu'ils naissent.

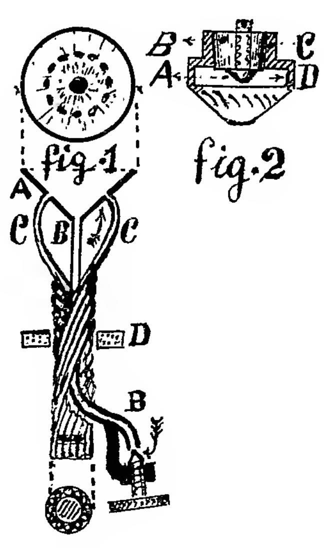


Fig. 1 : A, stator conique de 90° d'angle; B, conduit permettant par vis-pointeau le réglage d'arrivée d'air; C, tuyère; D, anneau de caoutchouc mousse. — Fig. 2 : A, vis du couvercle du rotor; B, couvercle du rotor; C, paroi cylindrique du rotor; D, gorge dans la cavité du rotor.

Il faut, pour qu'il conserve sa stabilité, que ces mouvements transmis à travers la mince couche d'air très comprimé et indéformable qui sépare le stator du rotor soient fidèlement suivis par le stator qui ne doit présenter aucune inertie, d'où la nécessité d'une masse inférieure à celle du rotor, et posséder une parfaite flexibilité.

Mais une cause essentielle d'instabilité dont on saisit très bien l'intervention est que le stator, lorsque ses tuyères débitent, entre facilement lui-même en vibration et devient le centre d'ondes stationnaires qu'on décèle facilement au toucher le long de la tige qui le supporte. Ces vibrations se transmettent au rotor à travers la mince couche annulaire d'air très comprimé. Ces observations nous ont conduit à construire des stators très légers, d'un poids toujours inférieur à celui du rotor, constitués par des torsades de tuyères dont les embouchures aboutissent à une très mince cuvette conique faite d'une feuille d'aluminium de 1^{mm} d'épaisseur. Ces stators sont montés sur caoutchouc. L'angle des tuyères avec le

plan tangent au rotor est de 45°. La section des tuyères, et le débit gazeux, est commandée par le poids du rotor. Dans ces conditions, pour supprimer les ondes stationnaires dont le stator est le siège il suffit d'entourer, sans serrage, à un niveau qu'on trouve en tâtonnant, la tige du stator d'une bague en éponge ou en caoutchouc mousse.

Rotors. — La figure 2 donne la coupe de nos rotors en acier.

C'est pour des angles aussi voisins que possible du rotor et du stator qu'on obtient la meilleure utilisation du jet de gaz utilisé comme force motrice. Mais ici encore on est limité par des conditions de stabilité. Pour un stator de 90° d'angle, un rotor de 95° et dont le profil est légèrement concave (figure de révolution d'une ligne légèrement courbe liée à un axe) reste stable. C'est dans la gorge figurée en D, aussi mince que possible, qu'est chassé, sans issue, le milieu soumis à la centrifugation. Les vitesses angulaires déterminées par le moyen de la méthode stroboscopique, en utilisant l'air comprimé de la ville (pression de 5^{kg} en amont des tuyères) furent de 4000 t/sec pour les rotors de 20^{mm}, 5000 t/sec pour ceux de 15^{mm}, et de plus de 6000 t/sec pour les rotors de 13^{mm}. Les champs centrifuges à la périphérie allant de 600000 à 1 million de fois g. La stabilité est aussi parfaite qu'on peut le souhaiter.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur la mesure de la vitesse d'apport de chaleur dans le cycle d'un moteur à combustion interne à l'aide du diagramme d'indicateur.* Note (1) de M. **Tchang Te-Lou**, présentée par M. E. Jouguet.

Dans une Note précédente (2), à l'occasion d'expériences poursuivies avec le Service des Recherches de l'Aéronautique, j'ai étudié la première phase des phénomènes thermomécaniques se produisant dans les moteurs à explosion, celle qui a comme origine l'instant (A) du fonctionnement du mécanisme d'allumage et comme fin le moment (B) où l'accroissement de pression est décelé par l'appareil manométrique. J'ai montré que cette période a une durée de 2 millièmes de seconde, et qu'elle correspond au phénomène connu de précombustion. La précombustion a été ainsi mise pour la première fois en évidence à l'aide du diagramme d'indicateur.

(1) Séance du 23 janvier 1933.

(2) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 39.

Il est logique de définir comme deuxième phase des phénomènes thermomécaniques du moteur le développement de la combustion active. Pour analyser cette phase, nous assimilerons, conformément au raisonnement classique, le moteur à explosion à un moteur à air chaud qui échange de l'énergie avec des milieux extérieurs : on peut alors parler du cycle décrit par le fluide.

Nous admettrons dans l'analyse qui va suivre que la conversion de l'énergie chimique en chaleur sensible, l'activité des échanges avec les parois et la variation de la température des gaz sont des phénomènes se développant à la même allure. On conçoit en effet que, plus active est la conversion de l'énergie chimique en chaleur sensible, plus rapidement tend à croître la température des gaz, par conséquent l'activité des échanges avec les parois; nous allons donc prendre comme indication de l'allure des trois phénomènes l'activité de l'apport de chaleur dans le cycle.

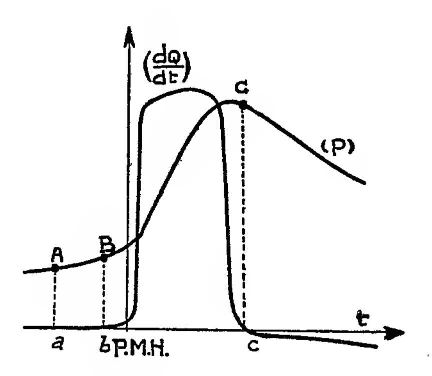
On peut dans une première approximation admettre que le gaz suit les lois des gaz parfaits et que, par suite, l'expression de la chaleur qui lui est fournie dQ pour une variation de pression dp et une variation de volume dV est $dQ = (V\,dp + \gamma p\,dV)/(\gamma - 1)$, γ étant le rapport des chaleurs spécifiques à pression constante et à volume constant. Le diagramme (pression-temps) relevé fait connaître à chaque instant la pression p, et l'étude du mécanisme bielle-manivelle le volume V occupé par le gaz. On en déduit facilement la valeur de la quantité dQ/dt par une méthode graphique en construisant les quantités $V\,dp/dt$ et $\gamma p\,dV/dt$ à partir des courbes de pression et de volume en fonction du temps. On trace ainsi la courbe représentant la variation de dQ/dt qu'on peut appeler vitesse d'apport de chaleur dans le cycle. Il est d'ailleurs possible de tenir compte de la variation de γ avec la température et c'est ce que nous avons fait dans nos calculs numériques en utilisant les chaleurs spécifiques données par Kast.

Nous avons tracé la courbe représentant dQ/dt à partir d'expériences exécutées sur un moteur monocylindre de $0^{l},700$ de cylindrée. Cette courbe qui, comme nous l'avons dit, définit l'allure de la combustion est de forme caractéristique; l'ordonnée croît rapidement à partir du point (B), présente ensuite un palier, puis décroît rapidement. Enfin la courbe décèle une inversion du phénomène; le gaz cède de la chaleur par suite du refroidissement par la paroi. Si l'on exprime les temps par l'intermédiaire des angles de rotation de la manivelle, on constate que le point de chute brusque

de l'ordonnée se trouve à 5° environ après la pointe de pression comme le montre le diagramme de la figure.

Il y a donc une sorte de discontinuité dans l'allure générale des phénomènes de combustion. Elle ne peut correspondre qu'à l'instant où, le front de flamme ayant balayé tout le volume du gaz, il ne subsiste plus qu'une combustion secondaire ne donnant lieu qu'à un faible dégagement de chaleur. C'est ce point de discontinuité que nous prenons comme marquant la fin de la combustion active (point C).

Cette conception des phénomènes est contrôlée par la comparaison de la durée BC (9 millièmes de seconde pour la vitesse de 500 tours-minute du moteur) à la durée de l'apparition des phénomènes lumineux, corrélatifs de



l'échauffement du gaz à température élevée, obtenue par M. Duchêne dans ses études photographiques de propagation de la flamme, compte tenu des corrections dues aux conditions de l'expérience.

On peut se demander comment varie la position du point d'inversion et par conséquent la durée de la propagation de la flamme avec la vitesse du moteur. Celle-ci variant de 500 à 1250 tours par minute, le point de discontinuité correspond toujours sensiblement au même angle de rotation de la manivelle à partir du point (B).

Donc la vitesse de propagation de la flamme paraît proportionnelle à la vitesse de rotation du moteur. On peut admettre que c'est là une conséquence de la turbulence des gaz : plus la vitesse est grande, plus la turbulence est grande et plus la propagation de la flamme est rapide.

En résumé, il semble bien d'après mes expériences qu'un des éléments essentiels qu'il y ait à considérer, dans l'étude des phénomènes thermiques dans le moteur, soit *la vitesse d'apport de la chaleur dans le cycle*. La considération de cette nouvelle grandeur permet de définir de façon précise et

logique la fin de la combustion active et, par conséquent, d'atteindre la durée même de cette combustion. Cette durée varie en raison inverse de la vitesse du moteur (500 à 1250).

Il est peut être intéressant de constater qu'ici encore, et grâce à des hypothèses très vraisemblables, la seule considération d'un diagramme d'indicateur ordinaire permet d'apporter quelque précision dans la connaissance des phénomènes thermiques qui se passent dans le moteur.

ÉLECTRICITÉ. — *Un nouveau mode de réalisation des phénomènes thermo-électriques.* Note de M. **André Égal**, présentée par M. A. Cotton.

Les générateurs thermo-électriques sont formés d'une ou plusieurs séries d'éléments, chacun de ces couples comprenant deux métaux ou alliages différents réunis par une soudure. Dans les installations comportant un grand nombre de ces générateurs (cas de la détection du feu par exemple)

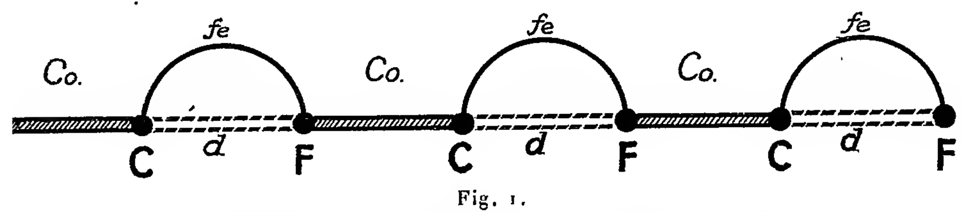


Fig. 1.
Co, métal constantan; *fe*, métal fer; *d*, dérivation entre C et F: C, point d'application de la chaleur; F, point d'application du froid.

il peut arriver que des soudures se rompent, de sorte que la transformation d'énergie thermique en énergie électrique se trouve interrompue. Pour y remédier, on maintient un courant continu permanent dans tous les couples des générateurs et l'arrêt de ce courant signale la rupture.

Un couple thermo-électrique étant constitué par deux métaux différents *fe* et *Co* (*fig.* 1), j'ai pensé qu'il était possible de mettre en dérivation sur l'un des fils *fe* du couple un autre fil *d*, formé du même métal *Co* constituant ainsi une dérivation électrique entre les points C et F.

Cette dérivation *d* peut être formée par un prolongement du fil *Co*, de sorte que, si l'on met en série une suite de couples ainsi construits, l'ensemble comprend d'abord un fil métallique continu formé du métal *Co*

que j'appelle fil pilote puis un nombre variable de bouts de l'autre fil *fe* (*fig.* 2).

La force électromotrice de chaque couple est déterminée par la différence de température entre les points C et F; elle est la même que celle obtenue en supprimant les dérivations *d*. Ces dérivations affaiblissent le courant produit par le générateur, mais si la résistance de *d* est grande par

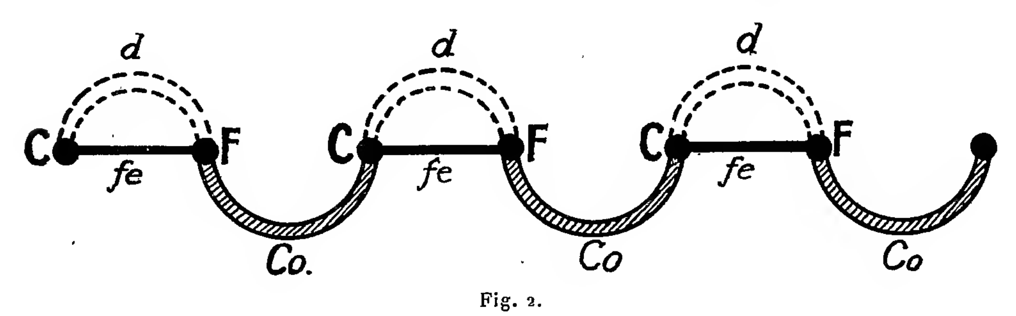


Fig. 2.

rapport à celle de *fe*, cette diminution est peu sensible et, en revanche, on a réalisé un dispositif qui permet de multiplier le nombre des couples en simplifiant beaucoup la construction.

Ce mode de construction peut varier comme le montrent, outre les

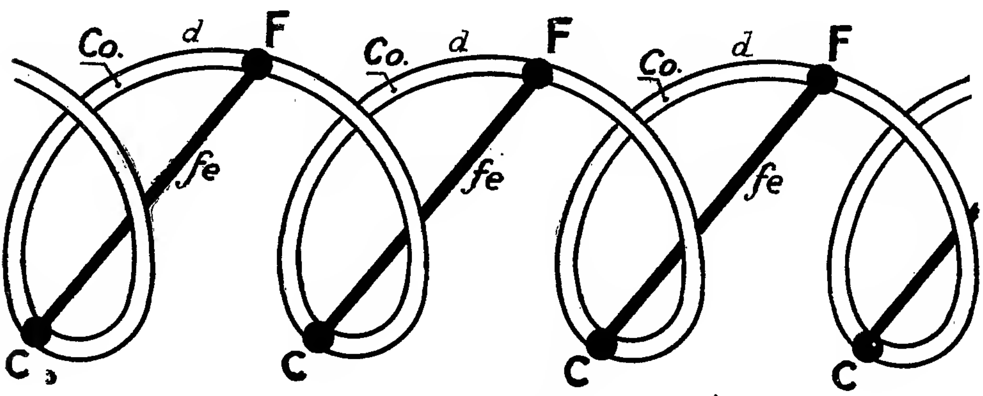


Fig. 3. — La spirale.

figures 1 et 2, les figures 3 et 4 qui représentent les montages que j'ai réalisés.

Dans le montage (4), on a implanté dans une tige isolante des bouts de fer *fe*, tandis que le *fil pilote* en constantan *Co* beaucoup plus résistant est enroulé à la machine autour de cette tige. Les points de contacts sont

soudés et l'on remarque que cette disposition met toutes les soudures chaudes du même côté de la tige, sur une même génératrice.

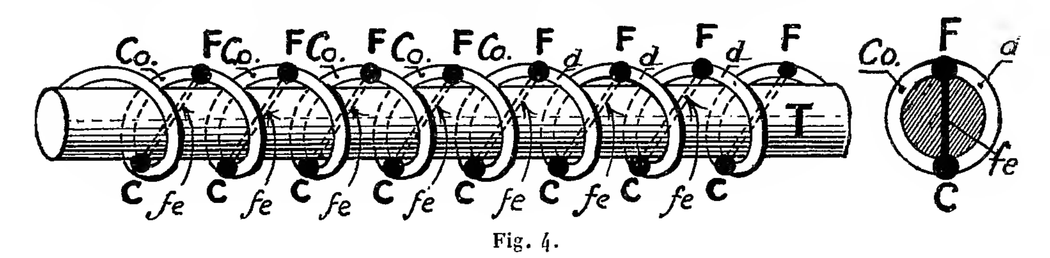


Fig. 4.

Dans la disposition représentée par la figure 5, la dérivation *d* est formée

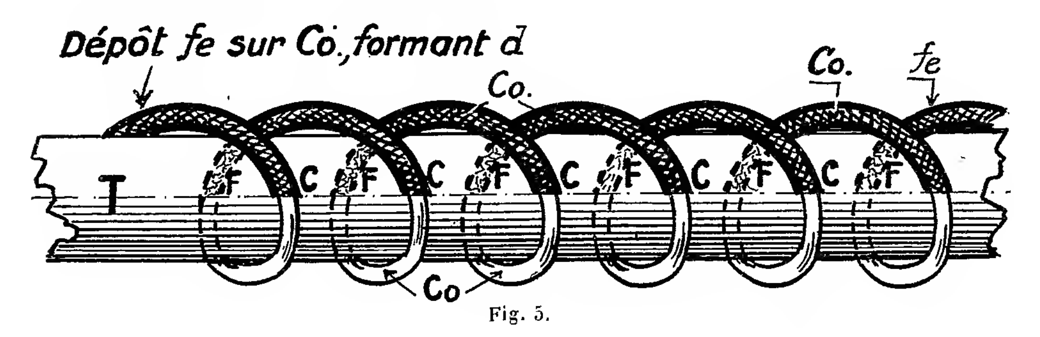


Fig. 5.

d'une partie du fil pilote *Co*, partie recouverte d'un dépôt du métal *fe*, dépôt effectué à intervalles réguliers.

On comprend qu'une telle disposition, qu'on peut réaliser par des procédés divers, permettra d'obtenir des générateurs thermo-électriques à un très grand nombre d'éléments. Quelques éléments du générateur peuvent être endommagés sans que le générateur cesse de fonctionner, sa puissance sera seulement diminuée légèrement.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'étude de la décharge dans une ampoule ionique à l'aide d'un appareil cinématographique*. Note [1] de MM. **V. Dolejšek** et **K. Dráb**, présentée par M. M. de Broglie.

Un de nous a construit avec M. V. Kunzl [2] un tube ionique avec lequel on peut travailler jusqu'à une tension très basse (1000 volts) et une intensité très grande.

---

[1] Séance du 16 janvier 1933.
[2] *Zeits. f. Phys.*, 74, 1932, p. 565.

Pendant l'étude systématique des conditions sous lesquelles le tube travaille économiquement on a trouvé qu'il existe, pour une construction donnée du tube, une certaine limite de l'intensité maxima qu'on ne peut pas dépasser. Si l'on dépasse cette limite, il y a des changements brusques dans le caractère de la décharge.

Pour étudier les détails de ce phénomène, nous avons réussi à utiliser, pendant un temps court, un appareil cinématographique à grande vitesse, 240 images par seconde, ainsi qu'à répéter ces essais sans une consommation considérable de pellicule ([1]).

Les résultats obtenus ont montré que pour un tube de grandeur, distance et courbure des électrodes données, il survient à une certaine pression un changement brusque de la décharge. De nos images cinématographiques, il ressort que ce changement est analogue à celui qui est déjà connu pour le tube de Paschen à cathode creuse ([2]).

Dans ce tube, la décharge à chute normale se change en décharge à chute anormale (lumière à l'intérieur de la cathode), très efficace pour les spectres optiques.

D'après Güntherschulze ([3]), il est nécessaire pour maintenir la décharge normale que la température des électrodes ne dépasse pas une certaine limite. Cette condition étant remplie, il se produisait encore des changements de décharge dans notre tube, et cela toujours à la même pression.

Nous nous sommes efforcés de trouver les conditions de construction du tube pour que le changement ait lieu à une pression aussi haute que possible ou à l'intensité la plus grande.

Pour obtenir les grandes intensités, en maintenant la décharge à chute normale, la distance des électrodes est particulièrement importante. En outre, il est avantageux de choisir des électrodes, spécialement la cathode, aussi grandes que possible, mais dans ce cas on rencontre des difficultés expérimentales.

L'importance de la grandeur de la cathode nous a paru due à la très grande valeur de sa charge superficielle, que les images cinématographiques mettent en évidence, surtout dans une région limitée de la partie centrale.

([1]) Nous remercions ici M. L. Honty de son aide.

([2]) F. Paschen, *Ann. de Phys.*, 50, 1916, p. 901; H. Schüler, *Zeits. f. Phys.*, 35, 1926, p. 323; R. Frerichs, *Ann. de Phys.*, 85, 1928, p. 362; R. A. Sawyer, *Phys. Rev.*, 36, 1930, p. 44.

([3]) *Zeits. f. Phys.*, 19, 1923, p. 313.

Si la surface de la cathode est petite, sa charge spécifique augmente encore, de sorte qu'il n'est pas possible, même à l'aide d'une réfrigération parfaite, de maintenir la température au-dessous de la valeur critique où la décharge normale cesse d'exister. Nos études cinématographiques nous ont montré comment arrive ce changement. Sur les images on peut voir qu'il y a, pendant un temps très court, un certain état instable pour lequel les deux sortes de décharges sont possibles. On voit alterner ces deux décharges jusqu'au moment où l'une d'elles s'impose et domine.

Après la fixation de la décharge, on retrouve les conditions mentionnées par Schüler ([1]) d'après lesquelles les deux sortes de décharges peuvent exister à une certaine pression; leur étude fera l'objet d'un autre travail. S'il arrive, pendant l'augmentation de pression, un changement de régime à l'intérieur de la cathode, le changement inverse ne se produit pas à la même pression quand on fait diminuer celle-ci; mais à une pression plus basse; il y a un certain retard, on s'explique ainsi pourquoi le changement de décharge à chute anormale tend à se maintenir sous cette forme.

Si l'on veut obtenir des rayons X, ce mode de décharge n'est pas utilisable, de sorte qu'il faut étudier les dispositions du tube de façon à l'éviter. Jusqu'à présent on cherchait à expliquer le peu d'efficacité des tubes ioniques à basse tension par le fait que les électrons, à cause de la pression relativement élevée nécessaire pour atteindre de grandes intensités, perdent une grande partie de leur énergie cinétique au cours de leur trajet. Nos résultats ont montré que la principale cause de faible efficacité réside dans le changement du mode de décharge. La valeur maxima de l'intensité pour laquelle la décharge normale se maintient encore exige la plus petite distance possible entre les électrodes; dans notre construction cette distance pour l'air se trouvait tout juste égale au libre parcours moyen des électrons à la pression donnée. Ce qui paraît signifier que c'est l'augmentation du nombre de chocs des électrons qui produit le changement de décharge; le tube cesse d'être efficace comme source de rayons X et travaille comme un tube de Paschen à cathode creuse.

Au contraire, grâce aux conditions que nous avons reconnues, on peut maintenir la décharge normale et l'efficacité de production pour les rayons X, même à très basse tension.

([1]) *Zeits. f. Phys.*, 22, 1921, p. 264.

RAYONS X. — *Rayon atomique du carbone dans le diamant.* Note de M. V. **Posejpal**, présentée par M. A. Cotton.

MM. W. H. et W. L. Bragg ont trouvé en 1914, au moyen de la spectrométrie des rayons X, que la distance minima entre les centres de deux atomes voisins dans le diamant est égale à $1,54.10^{-8}$ cm. Si l'on suppose les atomes sphériques et en contact, cette valeur représente le diamètre 2R de l'atome de carbone dans le diamant. Plus tard, en 1917, MM. P. Debye et P. Scherrer ont trouvé d'une manière analogue pour cette même distance minima dans le graphite la valeur $1,45.10^{-8}$ cm.

Il est intéressant de voir comment on peut déterminer le diamètre 2R au moyen des formules de mon article [*Sur le passage des rayons photoniques par les atomes* (*Journal de Phys. et le Radium*, 7e série, 3, 1932, p. 390)].

$$(7) \qquad 1-\frac{\delta}{d+\delta}=\frac{4}{3}\,\frac{N^3\pi(R^3-a^3)}{1-N^2\pi a^2},$$

$$(9) \qquad a=\alpha+\beta\lambda,$$

$$(3) \qquad k=1-\frac{\delta}{d+\delta}\,\frac{1}{n^2},$$

$$(4) \qquad k=1-\frac{1}{n^2}+\frac{\nu}{n}\,\frac{dn}{d\nu}.$$

Les formules (7) et (3) sont valables pour le passage des rayons de longueur d'onde λ dans un milieu parfaitement transparent pour eux, homogène et isotrope. N^3 représente le nombre d'atomes dans l'unité de volume, ce qui donne pour le diamant en prenant pour sa densité à la température ambiante 3,514 et pour le nombre d'Avogadro $6,0644.10^{23}$, $N^3=1,776.10^{23}$; n est l'indice de réfraction, a est la distance moyenne, comptée à partir du centre du noyau atomique, jusqu'à laquelle les rayons en question peuvent pénétrer. Les paramètres α et β de la formule (9) peuvent être déterminés des mesures d'absorption des rayons X. D'après le tableau VII, p. 13 du même travail on a, en exprimant a et λ en 10^{-11} cm, pour le carbone les valeurs

$$10^{11}\alpha=0,0727\pm0,0024, \qquad \beta=0,0001004\pm0,0000095.$$

Enfin $d+\delta$ est la distance moyenne de deux atomes prise dans le sens de la propagation de la lumière, la partie d représentant le trajet moyen effectué par le photon à l'intérieur de l'atome, dans l'éther polarisé et δ représentant le trajet dans l'éther libre. k est le coefficient d'entraînement

de Fresnel. Pour déterminer $\delta/d+\delta$ il suffit de comparer la formule (3) avec la formule équivalente (4) de M. H. A. Lorentz, ce qui donne

$$1-\frac{\delta}{d+\delta}=-n\lambda\frac{dn}{d\lambda}.$$

La réfraction du diamant a été mesurée par M. B. Walter en 1891. Il a trouvé pour les lignes spectrales

C($\lambda=0,65628$), $n_C=2,41000$: D(0,58930), 2,41734; E(0,52695), 2,42694; F(0,48615), 2,43539; G(0,43077), 2,45141; H(0,39685), 2,46476.

En posant, pour la raie D,

$$\frac{dn}{d\lambda}=(n_C-n_E):(\lambda_C-\lambda_E)$$

et d'une manière analogue pour les autres raies, on trouve que $1-\delta/d+\delta$ pour les trois raies D, F, G est égal respectivement à 0,1866, 0,3012, 0,3473. Nous avons ainsi toutes les données nécessaires pour déduire de (7) le rayon R. Le calcul donne pour les trois raies en question, en 10^{-8} cm,

$$2R=1,44,\quad 1,50,\quad 1,54.$$

Plus tard, en 1902, M. F. F. Martens ayant mesuré de nouveau la réfraction du diamant est parvenu à la formule de dispersion

$$n^2=1,8755+\frac{3,7905\lambda^2}{\lambda^2-0,12456^2},$$

qui s'accorde aussi bien avec ses propres mesures qu'avec celles de M. Walter. En employant cette formule pour déterminer d'une manière plus précise les $dn/d\lambda$, et en effectuant de nouveau le calcul pour les trois raies en question, nous obtenons pour 2R les valeurs 1,44, 1,48, 1,58, qui sont presque identiques aux précédentes.

Toutes ces valeurs s'accordent parfaitement avec les valeurs expérimentales citées ci-dessus. L'accord serait moins bon si nous avions fait notre calcul pour une radiation ultraviolette, par exemple. Mais nous ne devions pas le faire, nos formules (7) et (3), ainsi que la formule (4) de M. H. A. Lorentz n'étant valables que pour les radiations suffisamment éloignées des bandes d'absorption. Au contraire, il faut faire ressortir le fait que ce sont les valeurs calculées précisément pour cette partie du spectre pour laquelle le diamant est le plus transparent, qui s'accordent si

bien avec les mesures spectrométriques de M. Bragg et de MM. Debye et Scherrer.

Cet accord de nos valeurs avec les valeurs expérimentales est non seulement intéressant parce que nous pouvons ainsi déterminer les dimensions atomiques d'un élément par des mesures qui n'ont rien à faire avec sa structure atomique, à savoir par des mesures sur la réfraction normale de la lumière et l'absorption des rayons X, mais il a une grande portée théorique. En effet, cet accord serait impossible si l'une quelconque de nos équations (7), (9) et (3) était fausse. Mais toutes ces équations ont été déduites par l'application de la règle « que les photons ne pénètrent dans l'intérieur des atomes qu'aux niveaux d'énergie eV égale à leur quantum $h\nu$, niveaux où ils éprouvent, en l'absence des électrons, une diffusion cohérente », et si cette règle n'était pas juste, elles seraient nécessairement fausses toutes les trois. Notre règle doit être juste, et le présent travail constitue pour elle un contrôle nouveau très sérieux.

OPTIQUE. — *Variations de phase par réflexion sur couches métalliques très minces.* Note (1) de M. **P. Rouard**, présentée par M. Ch. Fabry.

L'étude de la variation de phase que subit la lumière quand elle se réfléchit sur un métal à l'intérieur d'un milieu transparent (verre, mica) a été maintes fois entreprise. Malheureusement les résultats obtenus par les différents auteurs ne concordent pas. Wiener (2) ainsi que Buisson et Macé de Lépinay (3) trouvent que cette réflexion produit un retard de phase. Drude (4) et Kath (5) concluent à une avance; enfin Wernicke (6) trouve tantôt une avance, tantôt un retard suivant l'état du métal.

J'ai repris cette étude en employant des couches de métal d'épaisseur très lentement croissante de façon à pouvoir suivre le passage de la réflexion dans le verre sur l'air à la réflexion dans le verre sur le métal. Comme la variation de phase pour la réflexion dans le verre sur l'air est considérée comme nulle, la détermination de la différence de phase existant entre la

---

(1) Séance du 16 janvier 1933.
(2) *Wid. Ann.*, **31**, 1887, p. 629.
(3) *Comptes rendus*, **137**, 1903, p. 312.
(4) *Wid. Ann.*, **50**, 1893, p. 595; **51**, 1894, p. 577.
(5) *Wid. Ann.*, **62**, 1897, p. 328.
(6) *Wid. Ann.*, **25**, 1885, p. 203; **51**, 1894, p. 448; **52**, 1894, p. 515;

lumière réfléchie dans le verre sur l'air et la lumière réfléchie dans le verre sur le métal donne la variation de phase due à la présence du métal.

Le métal est déposé par projection cathodique sur l'une des faces d'une lame à faces planes et parallèles. En décentrant très légèrement la lame par rapport à la cathode on obtient une couche de métal en forme de coin dont l'épaisseur varie depuis zéro jusqu'à un maximum qui est déterminé en métallisant simultanément une lamelle couvre-objet de microscope que l'on pèse avec une microbalance avant et après l'opération.

Cette lame métallisée est ensuite étudiée au moyen d'un montage analogue à celui employé par Buisson et Fabry ([1]) au cours de la mesure des longueurs d'onde des raies de l'arc au fer; une lentille donne d'une source lumineuse ponctuelle une image qui se forme sur la lame. La lumière se réfléchit, tombe sur une lame inclinée à 45° sur l'axe du faisceau, traverse une lentille au foyer de laquelle est placée la fente d'un spectrographe. On peut ainsi photographier simultanément les anneaux à l'infini que donne la lame pour chaque radiation de la source, d'abord quand la réflexion s'effectue dans le verre sur l'air puis dans le verre sur le métal. De la variation de diamètre des anneaux on déduit immédiatement le sens et la valeur de la variation de phase.

Le tableau suivant résume les résultats obtenus pour l'argent. Les retards de phase sont inscrits avec le signe —, les avances sans aucun signe, le tout en fractions de longueur d'onde.

Épaisseurs en mμ.	404.	436.	4678.	4800.	5085.	5461.	5780.
0,5.....	0,00	0,01	—0,05	—0,03	—0,02	—0,10	—0,11
0,9.....	0,01	—0,01	—0,06	—0,09	—0,06	—0,11	—0,12
1,2.....	0,02	—0,02	—0,03	—0,04	—0,08	—0,14	—0,16
1,6.....	0,11	0,06	0,00	—0,04	—0,11	—0,14	—0,15
2,0.....	0,09	0,13	0,08	0,06	—0,13	—0,14	—0,15
2,3.....	0,11	0,16	0,18	0.15	—0,16	—0,20	—0,21
2,7.....	0,21	0,23	0,30	0,30	—0,16	—0,22	—0,22
3,1.....	0,21	0,25	0,32	0,34	—0,08	—0,32	—0,27
3,3.....	0,20	0,25	0,34	0,35	0,25	0,04	—0,04
3,6.....	0,19	0,25	0,33	0,36	0,36	0,17	0,03
3,8.....	0,20	0,26	0,31	0,36	0,37	0,43	0,46
4,0.....	0,20	0,26	0,29	0,34	0,38	0,40	0,49
4,5.....	0,21	0,27	0,30	0,30	0,36	0,37	0,42
5,0.....	0,24	0,23	0,24	0,27	0,27	0,33	0,33
5,5.....	0,27	0,27	0,29	0,30	0,30	0,31	0,32
6,0.....	0,26	0,27	0,26	0,27	0,28	0,29	0,29
6,5.....	0,24	0,25	0,23	0,25	0,25	0,24	0,23
7,0.....	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,29	0,28

([1]) *Journ. Ec. Polyt.*, 13, 1908, p. 424.

On voit que la variation de phase pour la réflexion verre sur argent est d'abord un retard qui, après avoir passé pour chaque longueur d'onde par un maximum, diminue et s'annule quand l'épaisseur croît. Elle devient ensuite une avance qui croît très rapidement, passe elle aussi par un maximum, décroît et se stabilise aux environs de $0,30 \lambda$. L'épaisseur de métal qui annule la différence de phase croît en même temps que la longueur d'onde. Dans la réflexion mica-argent, on trouve des résultats tout à fait analogues.

Tous ces changements, très rapides, sont d'autant plus difficiles à mettre en évidence qu'ils se produisent pour des couches d'argent qui ont un pouvoir réflecteur extrêmement faible (1). Les anneaux à l'infini que donne la lame de verre par réflexion disparaissent presque complètement. Cela explique probablement les résultats contradictoires signalés plus haut.

L'or a été l'objet d'une étude semblable dont les résultats seront publiés prochainement.

PHOTOGRAPHIE. — *Sur l'évolution de l'image latente.*
Note de M. C. **Jausseran**, présentée par M. Ch. Fabry.

On sait que deux images latentes obtenues dans des conditions identiques, mais à des époques différentes, se traduisent après développement par des densités optiques inégales, la densité la plus grande correspondant à la pose la plus ancienne, au moins pour tous les résultats non controversés.

Le phénomène peut avoir une allure exactement inverse sur certaines plaques du commerce. Je l'ai constaté sur les plaques Ilford panchromatic soft gradation. Le tableau suivant donne les densités obtenues sur une de ces plaques pour une durée d'exposition de 10 secondes et quelques éclairements en progression géométrique, lorsque l'impression précède le développement de 5 heures ou de 45 secondes. La plaque Ilford et une plaque Jougla grands instantanés étaient exposées simultanément derrière le même coin photométrique et dans le même châssis. Elles étaient développées ensemble pendant 6 minutes dans un révélateur au métol.

Age.	Ilford.					Jougla.			
5 heures	2,80	2,25	1,55	1,11	0,48	3,40	2,67	1,85	0,94
45 secondes	3,03	2,45	1,67	1,20	0,56	3,25	2,50	1,58	0,88

(1) Rouard, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 869.

Ce résultat a été obtenu sur toutes les plaques de ce type, même de numéros d'émulsion différents. Il n'est pas dû au fait qu'elles sont panchromatiques : des plaques Paget Prize panchromatic ont donné par exemple une évolution ayant l'allure habituelle.

Sur cette sorte de plaques Ilford le sens de la variation est le même qu'on éclaire la plaque soit en bleu soit en rouge. L'effet de la durée de développement est le même que sur des plaques présentant l'évolution habituelle, mais le révélateur à 10^g d'hydroquinone par litre manifeste mieux l'évolution qu'un révélateur à la même concentration de métol, contrairement à ce qui ce produit avec une plaque Jougla.

J'ai pu mettre en évidence que cette allure de l'évolution était due au moins à une substance soluble dans l'eau et dans l'alcool, probablement un des sensibilisateurs chromatiques utilisés. Sur une plaque de cette sorte, après lavage prolongé à l'eau ou à l'alcool et séchage complet avant toute exposition, l'évolution redevient normale pour certaines densités.

La manière dont se comportent lés plaques Ilford montre que l'évolution n'est pas toujours un renforcement. On peut donc se demander si la présense à dose faible d'une substance capable d'inverser le sens de l'évolution ne pourrait pas changer l'allure de ce phénomène, lorsque le délai d'attente devient assez grand et donner ainsi naissance au maximun de renforcement parfois constaté.

On peut aussi préciser l'allure de l'évolution en étudiant si certains caractères de l'image développée autres que sa densité optique ne sont pas influencés par l'âge de l'image latente au moment de son développement et chercher ainsi à voir si les différences des conditions d'observation ne pourraient expliquer certaines discordances entre les divers observateurs.

J'ai étudié tout d'abord si l'affaiblisseur au ferricyanure de potassium agissait de la même manière sur des plages développées de densités égales mais provenant d'images latentes d'âges différents. Il n'en est pas ainsi. Si l'on représente graphiquement les densités après affaiblissement en fonction des densités avant affaiblissement, les points provenant des images latentes vieilles et ceux des images latentes récentes se placent sur deux courbes distinctes. Les différences des ordonnées des deux courbes pour la même abscisse atteignent parfois 0,20, mais sont souvent plus faibles; toutefois, en traitant un grand nombre de clichés, on obtient des résultats assez concordants pour pouvoir étudier les variations de ce phénomène selon la manière dont les clichés à affaiblir ont été obtenus. Pour des durées de développement faibles, les densités les plus grandes sont plus affaiblies

sur les poses récentes que sur les poses anciennes, tandis que l'inverse a lieu pour les densités faible. L'allure du phénomène s'inverse pour de longues durées de développement, la nature du révélateur ayant servi à obtenir les clichés à affaiblir ne semblant pas intervenir. Si l'on songe que l'hyposulfite de sodium peut jouer le rôle de faiblisseur très lent sur des plages déjà fixées, on peut se demander si son action sur l'image seulement développée ne pourrait pas expliquer le fait que dans certains cas les densités faibles sont diminuées par vieillissement.

Il résulte d'autre part de ces expériences que des densités égales d'âges différents ne sont pas identiques. Ce fait peut encore se montrer en comparant les densités mesurées en lumière parallèle et les densités en lumière diffuse. Un moyen simple de faire intervenir la diffusion consiste à mesurer ce qu'on appelle la densité efficace en effectuant un report du cliché étudié sur une plaque graduée à travers un coin. En opérant ainsi on constate que deux densités égales d'âge différents ne diffusent pas de la même manière. Si l'on porte en effet les valeurs ainsi obtenues des densités efficaces en fonction des densités en lumière parallèle du cliché original, on obtient deux courbes. L'une d'elles comprend tous les points relatifs à la pose ancienne, l'autre tous les points de la pose récente. La position relative de ces deux courbes est très analogue à celle des deux courbes considérées précédemment à propos de l'affaiblissement pour des conditions d'obtention du cliché original déterminées. Elles le restent d'ailleurs lorsque ces conditions varient. La diffusion de la lumière étant certainement en relation avec le nombre et la grosseur des grains d'argent réduit, il faut conclure de ces faits que pour deux densités égales d'âges différents la répartition de ces grains n'est pas la même, constatation déjà faite par E. R. Bullock (1).

En résumé, les résultats obtenus permettent de conclure que la densité ne suffit pas à caractériser une image développée et, de plus, que le nombre des variables intervenant dans l'évolution de l'image latente est si considérable que les conditions d'expérience utilisées par les divers observateurs peuvent difficilement être identiques.

---

(1) *Science et Industrie photograph.*, 4, 1933, p. 6.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la photolyse des solutions aqueuses d'ammoniaque.* Note (¹) de M. **Léon Gion**, présentée par M. H. Le Chatelier.

J'ai étudié précédemment (²) l'action de la lumière ultraviolette sur les solutions aqueuses d'ammoniaque, en présence d'oxygène. J'ai montré qu'il se forme du nitrite d'ammonium et que l'ozonisation joue un rôle important dans cette action photochimique. Voici maintenant des résultats relatifs aux phénomènes photochimiques qui se produisent au sein d'une solution ammoniacale éclairée, en l'absence d'oxygène.

Après éclairement pendant une centaine d'heures, il ne se produit pas de nitrite, mais la lumière n'est pas restée sans action; en effet :

1° Dans le gaz ammoniac surmontant les solutions on trouve de l'azote et de l'hydrogène, le rapport H/N variant de 2,4 à 3.

2° Dans les solutions, on observe un fait nouveau. La réaction de Griess, caractéristique des nitrites, essayée *immédiatement* après l'ouverture de l'appareil reste négative; par contre, on peut mettre en évidence un pouvoir réducteur du liquide par le permanganate (2^{cm^3} de MnO^4K à 0,01 N sont décolorés par 17^{cm^3} de solution). Il y a donc formation d'un corps réducteur qui n'est pas du nitrite.

3° Un quart d'heure après l'ouverture à l'air de l'appareil, la réaction de Griess commence à devenir positive, puis elle s'accentue progressivement pendant 24 heures.

D'autre part, pendant ce même temps, le pouvoir réducteur diminue très sensiblement (enfin d'évolution : 2^{cm^3} MnO^4K à 0,01 N sont décolorés pour 39^{cm^3} de solution).

Avec un sensibilisateur (ZnO) dans la solution éclairée, on observe qualitativement les mêmes faits, mais le pouvoir réducteur au moment de l'ouverture de l'appareil est beaucoup plus grand (2^{cm^3} de MnO^4K 0,01 N pour 4^{cm^3} de solution). 24 heures après ce pouvoir réducteur a diminué notablement (2^{cm^3} de MnO^4K 0,01 N pour 15^{cm^3} de solution).

On peut interpréter ces faits en admettant la formation d'hyponitrite (³)

(¹) Séance du 16 janvier 1933.

(²) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 421.

(³) A cause de la très grande dilution, il a été malheureusement impossible de précipiter, dans les solutions éclairées, l'hyponitrite à l'état de sel d'argent.

dans la photolyse en l'absence d'oxygène (¹)

$$4NH^4OH = (NONH^4 = NONH^4) + 4H^2 + 2H^2O.$$

En même temps, il y a photolyse du gaz ammoniac

$$2NH^3 = N^2 + 3H^2.$$

On rend compte de cette façon de la formation d'azote et d'hydrogène d'une part, et, d'autre part, de l'évolution à l'air dans l'obscurité, des solutions préalablement éclairées en l'absence d'oxygène (diminution du pouvoir réducteur).

J'ai constaté, en effet, que l'addition d'une petite quantité d'acide hyponitreux à une solution ammoniacale lui confère un pouvoir réducteur sans qu'il y ait réaction de Griess. Au bout d'un certain temps, la réaction de Griess devient positive, tandis que le pouvoir réducteur diminue.

Ces expériences complètent mes observations précédentes sur l'oxydation photochimique de l'ammoniaque.

On est conduit à admettre que la lumière agit simultanément de deux façons sur les solutions ammoniacales en présence d'oxygène : l'ozone formé par la lumière ultraviolette agit chimiquement sur les solutions pour donner du nitrite; de plus la lumière forme dans le liquide de l'hyponitrite qui s'oxyde immédiatement en nitrite. La concentration est limitée par la destruction photochimique du nitrite, comme le prouvent les expériences suivantes faites en présence d'oxygène et en récipient clos :

Temps d'éclairement (heures).	Pureté de O^2 initial (pour 100 de N^2).	Pour 100 de N^2 en fin d'éclairement.	N^2O^3 dans la solution.
44	0,6	7	20mg au litre
179......................	0,87	28	20mg »

On voit que la quantité d'azote que l'on peut attribuer à la décomposition photochimique du nitrite est proportionnelle au temps d'éclairement, la concentration en nitrite non détruit par la lumière restant constante à 5 pour 100 près.

(¹) Cette hypothèse serait conforme aux travaux de Baudisch et Mayer (*Berichte dtsch. Chem. Ges.*, **45**, 1912, p. 1771) qui ont été conduits à admettre le groupement nitroxyle = NOH comme intermédiaire dans l'évolution photochimique des composés azotés.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Préparation des colloïdes par dispersion ultrasonique.* Note de M. **Néda Marinesco**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans une Note précédente (¹) nous avons vu que les ultrasons émis par le quartz oscillant transforment thixotropiquement un gel en sol. Sous l'influence de l'onde élastique, à température contante, le réseau quasi rigide du système est pulvérisé dans la phase liquide et l'état hydrosol apparaît avec la disparition complète de la rigidité viscosimétrique. En utilisant ce processus de dispersion ultrasonique à la limite de deux phases en contact, il est possible d'obtenir tout une série nouvelle de colloïdes. Ainsi les alliages métalliques à bas point de fusion (Darcet, Lipowitz, Roose, Wood) de même que le mercure peuvent se disperser dans l'eau, dans les alcools ou dans la glycérine. Le sodium, le potassium le cæsium ainsi que les alliages de ces métaux peuvent être émulsionnés dans le pétrole ou dans l'huile de vaseline. Enfin d'autres corps comme la gomme-gutte, le mastic ou le phosphore blanc se dispersent dans l'eau à la température ordinaire. Quant aux métaux à point de fusion plus élevé (plomb, étain, zinc, cuivre) la dispersion est beaucoup plus difficile et les particules dispersées ont des tailles très différentes ; dans ce cas lorsqu'on ultrasone une plaque de métal faisant partie d'une pile, la force électromotrice de la chaîne varie et indique une augmentation de la pression de dissolution de l'électrode ultrasonée. Ce résultat fait prévoir une pulvérisation excessivement fine pouvant aller jusqu'aux dimensions ioniques.

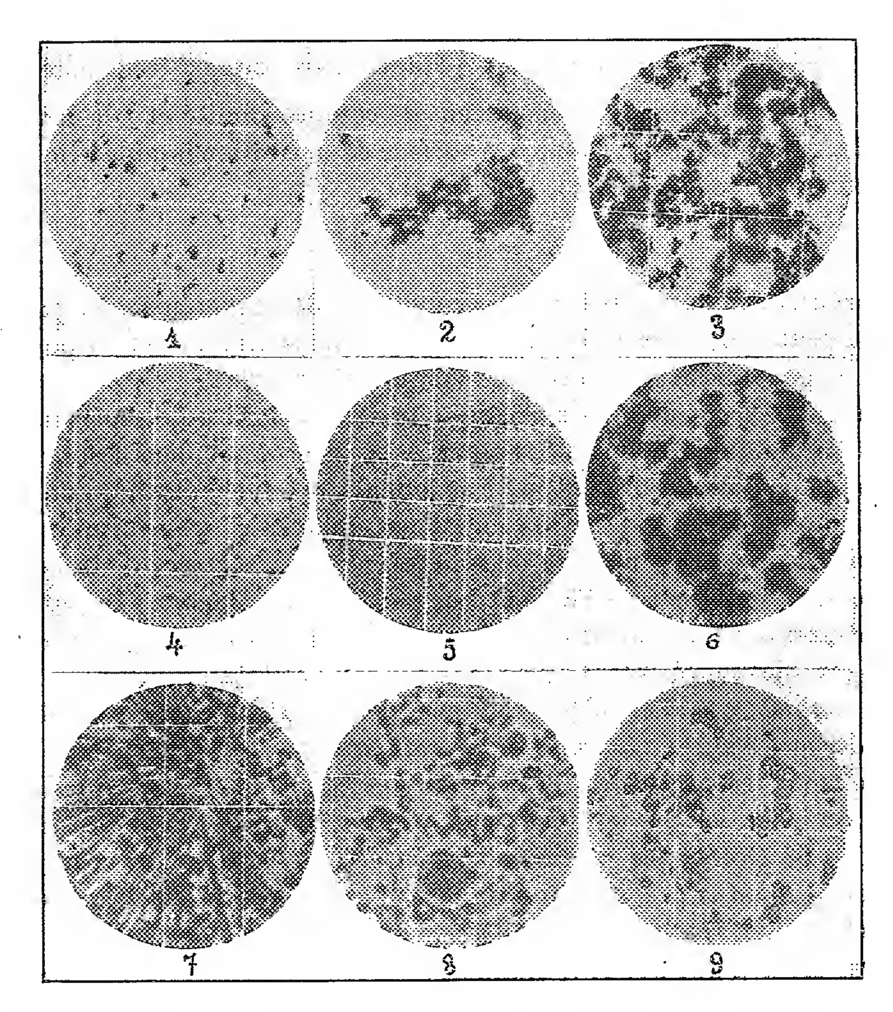
Pour obtenir la dispersion on place la surface de séparation des deux phases en contact perpendiculairement à la direction de propagation des ultrasons et à la distance x_0 du quartz. L'équation de l'onde plane émise

$$y = A_0 e^{-kx} \sin 2\pi\left(\frac{t}{\tau} - \frac{x}{\lambda}\right) \tag{1}$$

représente la distribution des élongations à l'époque t le long de la droite Ox normale à la surface émettrice. K est un coefficient d'amortissement dont l'expression générale (Langevin)

$$K = \frac{4\pi^2\nu^2}{\rho V}\left(\frac{2}{3}\frac{\eta}{V^2} + \frac{\varphi T \alpha^2}{2 J \sigma^2}\right) \tag{2}$$

(¹) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1824.



1. Alliage de Wood dans l'eau. Concentration 0g,830 par litre (mouvement brownien); photographié immédiatement après la préparation. Particules bien sphériques mais pas stables. — 2. Le même alliage de Wood après 2 heures. — 3. Le même, trois heures après la préparation. Les gouttelettes forment des grappes. Les alliages de Wood, Roose, Darcet et Lipowitz évoluent de la même façon lorsqu'ils sont préparés dans l'eau pure. Par agitation violente ou après 15" d'ultrason on passe de l'état 3 à l'état initial 1 — (Thixotropie). — 4. Mercure dans l'eau; diamètre moyen d'un grain 0,7 μ; concentration 1g,06 par litre; vif mouvement brownien. — 5. Mercure dans l'eau déposé sur verre par évaporation; les gouttelettes ne se déforment pas sous la pression de l'aiguille de dissection. — 6. Même mercure dans l'eau floculé par KOH $n/100$. — 7. Hg dans l'eau floculé par KOH $n/100$ et déposé sur verre; figures dues à la cristallisation du KOH carbonaté qui entraîne les gouttelettes liquides du mercure. — 8. Alliage de Na et K dispersé dans le pétrole. — 9. Même alliage qu'en 8 déposé sur verre et oxydé. Les carrés inscrits sur les figures comptent 10 μ de côté.

se réduit dans le cas des liquides (à faible coefficient de dilatation cubique α) à $K_e = \frac{8\pi^2\eta}{\rho V \lambda^2}$ avec $V = \lambda\nu = \sqrt{\frac{1}{\xi\rho}}$, η étant la viscosité, ρ la densité, V la vitesse de propagation, ξ le coefficient de compressibilité et λ la longueur d'onde. A la distance x_0, donc à la surface de séparation liquide I-liquide II (mercure-eau, sodium-huile), l'amplitude

$$A_{x_0} = A_0 e^{-\frac{8\pi^2\eta}{\lambda^2}\sqrt{\frac{\xi}{\rho}}x_0} \quad (3)$$

est parfaitement déterminée par les conditions de l'expérience. En particulier A_0 peut se mesurer directement au microscope en mettant au point les deux images extrêmes de la surface vibrante du quartz.

Lorsque le front de l'onde élastique frappe la surface de séparation x_0, une pellicule du liquide I (d'épaisseur A_{x_0}) est projetée dans le liquide II choisi comme milieu dispersant. Par ailleurs on a démontré qu'une telle lamelle liquide, uniforme et libre n'est pas stable et se transforme spontanément en un certain nombre de sphères. De cette manière deux liquides qui normalement ne se mélangent pas peuvent être finement dispersés en gouttelettes dont le diamètre peut descendre au-dessous de 1μ. Les microphotographies représentent quelques-uns de ces colloïdes.

La méthode qui vient d'être indiquée permet d'obtenir bon nombre de colloïdes métalliques *à la température ordinaire* et dans un milieu dispersant quelconque; les particules sont sphériques et par une protection convenable on peut les garder longtemps dans cet état. Alors que dans la méthode de Bredig les particules dispersées, de forme très variée, sont portées pendant la préparation à la température de l'arc électrique ce qui donne lieu à des réactions chimiques avec formation d'hydroxyde s'il s'agit d'autres métaux que l'or et le platine.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Perfectionnement de la méthode générale de préparation des aldéhydes par dégradation des acides.* Note de MM. G. Darzens et André Lévy, présentée par M. Béhal.

La méthode de préparation des aldéhydes par dégradation des acides donnée par M. E.-E. Blaise [1] consiste essentiellement à transformer d'abord les acides du type $R-CH^2-CO^2$ en acides α-bromés puis en

---

[1] *Comptes rendus*, **138**, 1904, p. 697, et *Bull. Soc. chim.*, **31**, 1904, p. 354 et 483.

α-oxyacides. Ces derniers, préalablement transformés en lactides par chauffage ménagé dans le vide, sont enfin décomposés par distillation à la pression normale :

$$\begin{matrix} R - CH^2 \\ | \\ CO^2H \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} R - CHBr \\ | \\ CO^2H \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} R - CHOH \\ | \\ CO^2H \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} R - CH - O - CO \\ | \qquad\qquad | \\ CO - O - CH - R \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} 2R - COH \\ + \\ 2CO \end{matrix}$$

L'ensemble de ces réactions montre que cette élégante méthode ne manque pas d'être assez laborieuse et qu'elle comporte, même après la préparation de l'α-oxyacide, deux phases : celle de l'obtention de la lactide puis celle de la décomposition finale.

D'autre part ces opérations successives amènent forcément à une diminution de rendement final en aldéhyde par rapport à l'acide servant de matière première. M. Bagard [1] a, par la suite, montré que l'on pouvait avantageusement remplacer l'obtention de la lactide par l'acétylation du groupe OH, le dérivé acétylé de l'acide α-oxy se décomposant ensuite en une seule phase :

$$\begin{matrix} R - CH - CO^2H \\ | \\ O - CO - CH^3 \end{matrix} \rightarrow RCOH + CO + CH^3CO^2H.$$

Comme nous avons montré dernièrement [2] que les α-oxyacides alcoyles dans le groupe OH se préparent facilement par l'action des alcoolates alcalins sur les esters des acides α-bromés, il nous a paru intéressant de rechercher si l'alcoylation du groupe OH ne pouvait pas remplacer son acétylation.

L'expérience a pleinement confirmé cette supposition et il en résulte une nouvelle méthode de préparation des aldéhydes par dégradation des acides basée sur les réactions suivantes :

$$\begin{matrix} R - CH^2 \\ | \\ CO^2H \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} R - CHBr \\ | \\ CO^2H \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} R - CH - OAlc \\ | \\ CO^2H \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} R - COH \\ + \\ CO + AlcOH \end{matrix}$$

La dernière décomposition de l'acide α-oxyalcoylé en aldéhyde est presque toujours quantitative, surtout en présence d'un peu de cuivre réduit.

D'autre part l'action des alcoolates alcalins en solution alcoolique est

(1) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **1**, 1907, p. 307.
(2) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 181.

des plus aisées et donne un rendement quantitatif; l'ensemble constitue donc une méthodé particulièrement recommandable pour la préparation de certaines aldéhydes de poids moléculaire élevé comme cela résulte des exemples suivants :

I. Par saponification de l'ester méthylique de l'acide α-méthoxyœnanthique $C^5H^{11}-CH(OCH^3)-CO^2CH^3$ préparé selon les indications de notre précédente Note, on obtient sans difficulté l'acide α-méthoxyœnanthique qui n'avait pas encore été décrit. C'est un liquide à faible odeur distillant sans décomposition à 122° sous 15mm.

Distillé à la pression ordinaire en présence d'un peu de cuivre réduit il se décompose en donnant l'hexanal avec un rendement de 70 pour 100 environ, c'est-à-dire égal à celui obtenu par M. Bagard par le dérivé acétylé, rendement très supérieur à celui du procédé primitif de M. E. Blaise (38 à 48 pour 100).

II. Par saponification de l'ester α-méthoxylaurique on obtient de même l'acide α-méthoxylaurique non encore décrit, cet acide fond à 52° et distillé à 145° sous 4mm. Par distillation à la pression normale il donne l'undécanal avec un rendement de plus de 75 pour 100.

III. L'acide α-méthoxystéarique non encore décrit a été obtenu par saponification de l'ester méthylique correspondant; il fond à 62°,5 et distille sans décomposition à 190° sous 5mm. Par simple chauffage pendant une demi-heure à 300°, il se décompose nettement en donnant, avec un rendement presque théorique, l'aldéhyde margarique déjà obtenue par Le Sueur par la méthode de M. E. Blaise, mais avec un rendement de 60 pour 100 seulement.

Les rendements moins élevés de la méthode primitive de M. E. Blaise sont manifestement dus à la déshydratation facile des α-oxyacides qui ne s'observe plus avec les acides α-méthoxyles. Nous nous proposons de généraliser cette méthode et de l'appliquer également aux acides du type $RR'CH-CO^2H$ qui mèneront aux cétones.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques propriétés de la lactone d-xylonique.* Note de M. V. **Hasenfratz**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Comme suite aux recherches sur les lactones *l*-arabonique et *l*-ribonique que j'ai publiées, soit seul, soit en collaboration avec L.-J. Simon [1], je me suis proposé d'étudier la lactone *d*-xylonique.

L'oxydation du *d*-xylose a été effectuée selon l'excellente méthode de

---

[1] L.-J. Simon et V. Hasenfratz, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1165; V. Hasenfratz, *Ibid.*, 184, 1927, p. 210.

G. Bertrand [1] et conduit, par l'intermédiaire du xylonobromure de cadmium, à la lactone *d*-xylonique sirupeuse.

Pour obtenir la lactone cristallisée, il est avantageux de se servir du *d*-xylonate de plomb, sel non encore décrit et qui, par sa facilité de cristallisation, s'obtient à l'état de pureté. On traite la solution aqueuse de lactone, maintenue à 60-70°, par CO^3Pb pur. Après cessation du dégagement de CO^2, on filtre, on décolore au noir et filtre de nouveau. La liqueur abandonne par refroidissement des cristaux très denses. Une nouvelle cristallisation dans l'eau fournit le xylonate de plomb pur, sous forme de prismes transparents, F = 59°, de formule $(C^5H^9O^6)^2Pb + H^25O$. (Analyse : trouvé pour 100 : H^2O, 14,32, Pb, 33,08; calculé pour le sel hydraté: H^2O, 14,36, Pb, 33,03). L'élimination complète de l'eau de cristallisation exige une quinzaine de jours; elle s'effectue dans le vide sec à une température qu'on porte progressivement à 70°.

Le *d*-xylonate de plomb est infiniment soluble dans l'eau chaude et peu soluble dans l'eau froide (1 partie de sel se dissout dans 55 parties d'eau à 18°) : cet écart de solubilité, à chaud et à froid, est particulièrement favorable à sa purification complète.

Le pouvoir rotatoire du sel hydraté est $[\alpha]_D^{18}$ (eau) = — 5°,9.

A l'aide du xylonate de plomb, il est aisé de préparer avec certitude la lactone *d*-xylonique cristallisée. Un traitement par SH^2 de la solution aqueuse du sel, suivi d'une filtration, donne une liqueur que l'on concentre, d'abord dans le vide, puis au bain-marie jusqu'à poids constant. Le sirop incolore obtenu est dissous dans l'acétone; la solution acétonique laisse déposer lentement une couche solide formée par l'enchevêtrement de longs prismes incolores qui constituent la lactone *d*-xylonique. Cette lactone commence à fondre à 99°; sa fusion est totale à 103°, résultats en accord avec les constantes indiquées par Nef [2]. Elle a pour formule $C^5H^8O^5$. (Analyse : substance, $9^{mg},537$; CO^2, $14^{mg},133$; H^2O, $4^{mg},663$. Trouvé pour 100 : C, 40,41; H, 5,47. Calculé pour 100 : C, 40,54; H, 5,45.)

La lactone *d*-xylonique est très soluble dans l'eau, au sein de laquelle elle se transforme partiellement en acide *d*-xylonique. Son pouvoir rotatoire, quelques minutes après sa dissolution, est $[\alpha]_D^{19} = + 85°,5$; il s'abaisse

---

[1] *Bull. Soc. chim.*, 5, 1891, p. 556; 15, 1896, p. 594.

[2] *Liebig's Ann.*, 403, 1914, p. 253. Voir aussi CLOWES et TOLLENS, *Liebig's Ann.*, 310, 1900, p. 175.

progressivement pour prendre les valeurs $+76°,6$ (après 2 jours), $+54°,2$ (8 jours), $+36°,3$ (14 jours), $+26°,4$ (26 jours), $+24°,2$ (39 jours).

La lactone *d*-xylonique se comporte donc comme une lactone stable; par suite, elle renferme un cycle furanique et doit être représentée par l'une ou l'autre des formules ci-dessous :

H OH H
CH^2OH—C—C—C—CO ou CH^2OH O CO
H OH H OH H OH
O H

L'acide *d*-xylonique, par contre, est lévogyre. Son pouvoir rotatoire, déterminé par l'examen d'une solution de *d*-xylonate de plomb acidulée par NO^3H, est $[\alpha]_D = -12°,1$; il croît assez rapidement, s'annule, puis devient dextrogyre pour atteindre la valeur d'équilibre $+12°,6$ (3 jours). Il y a, dans ce cas, transformation partielle de l'acide *d*-xylonique en sa lactone.

Comme les lactones *l*-arabonique et *l*-ribonique, la lactone *d*-xylonique fournit, sous l'action de la chaleur, un mélange d'acides isopyromucique et pyromucique.

On sait que la lactone *l*-arabonique forme aisément des éthers cristallisés avec les alcools méthylique et éthylique. Ceux-ci sont sans action sur la lactone *d*-xylonique, même en présence d'acide chlorhydrique.

L'anhydride acétique, en présence de Cl^2Zn, réagit vivement sur la lactone *d*-xylonique. Le produit de la réaction, versé dans l'eau froide, donne une matière huileuse qui se solidifie lentement. Le dérivé acétylé, cristallisé dans l'alcool, forme des prismes ($F = 99°$) peu solubles dans l'eau et l'alcool froids, solubles dans l'eau bouillante et dans l'alcool chaud. L'analyse montre qu'on se trouve en présence du dérivé triacétylé de la lactone *d*-xylonique, de formule $C^5H^5O^5(C^2H^3O)^3$. (Substance : $7^{mg},070$; CO^2, $12^{mg},493$; H^2O, $3^{mg},187$. Trouvé pour 100 : C, 48,19; H, 5,04. Calculé pour 100 : C, 48,17; H, 5,11.) C'est un corps dextrogyre : $[\alpha]_D^{16}$ (alcool) $= +62°,4$.

Il convient de signaler la grande stabilité de la liaison lactonique dans la lactone triacétyl-*d*-xylonique; cette dernière, en effet, peut cristalliser au sein de l'eau sans qu'il y ait transformation en acide correspondant.

En résumé, la lactone *d*-xylonique s'obtient facilement cristallisée à partir du xylonate de plomb; elle se comporte comme une lactone stable

et, par suite, doit être considérée comme une lactone 1.4. Comme les lactones *l*-arabonique et *l*-ribonique, elle donne, par décomposition pyrogénée, un mélange d'acides pyromucique et isopyromucique. Par contre, la lactone *d*-xylonique ne fournit pas d'éthers méthylique et éthylique, ce qui la distingue de la lactone *l*-arabonique et la rapproche de la lactone *l*-ribonique.

Enfin, elle donne un dérivé triacétylé cristallisé dans lequel la liaison lactonique est particulièrement stable, même en présence de l'eau.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un diméthyl-1.6-hexatriène-1.3.5.* Note de M. **Urion**, présentée par M. Matignon.

L'étude de la décomposition catalytique sur cuivre réduit de quelques α-glycols-α-éthyléniques m'a permis d'isoler, dans deux cas, des carbures dérivant de ces glycols par enlèvement des deux oxhydriles.

L'érythrol m'a ainsi conduit à l'érythrène :

$$CH^2=CH-CHOH-CH^2OH \rightarrow CH^2=CH-CH=CH^2,$$

le dipropénylglycol à deux diméthylhexatriènes :

$$\begin{array}{l} CH^3-CH=CH-CHOH \\ \qquad\qquad\qquad\quad | \\ CH^3-CH=CH-CHOH \end{array} \rightarrow \begin{array}{l} CH-CH=CH-CH^3 \\ \| \\ CH-CH=CH-CH^3. \end{array}$$

Ce dernier glycol avait été préparé en réduisant par le couple zinc-cuivre l'aldéhyde crotonique ordinaire, à qui l'on attribue la structure *trans*. Il devait donc être constitué par un mélange de deux isomères, un inactif et un racémique, résultant des deux dispositions possibles des groupements oxhydriles dans l'espace, ces deux isomères présentant d'ailleurs la même configuration *trans* autour des deux liaisons éthyléniques.

Par enlèvement des oxhydriles on doit arriver normalement à deux diméthyl-1.6-hexatriènes-1.3.5, l'un *trans-cis-trans* dérivant du glycol inactif, l'autre *trans-trans-trans* du glycol racémique.

J'ai en effet réussi à isoler deux carbures :

L'un constitue la majeure partie de la fraction distillant de 137° à 143° sous 764^{mm} ; par rectification, je n'ai pas pu l'obtenir rigoureusement exempt de son isomère. Son étude s'est donc bornée à une identification par ses constantes, sa composition centésimale déterminée par combustion, et son indice de brome ; il conduit d'ailleurs à un hexabromure liquide.

Le second distille avec la fraction 144°-148° sous 764^{mm}. Il cristallise

facilement, ce qui m'a permis de l'extraire pur par essorage des cristaux. Je lui ai attribué la structure *trans* précisément parce qu'il bout et fond plus haut que son isomère. Il correspondrait à la formule développée :

```
CH³            H
    >C=C<
H             >C=C<      H
         H             >C=C<      H
                  H              CH³
```

Voici ses constantes physiques :

$$E_{764} = 147^{\circ}\text{-}148^{\circ}, \qquad E_{10} = 43^{\circ}, \qquad F = 52^{\circ},5,$$

$$d_4^{23} = 0,7961, \qquad n_D^{27} = 1,5131 \text{ (pour un échantillon surfondu)},$$

$$RM = 40,50, \qquad RM \text{ théorique} = 37,74, \text{ calculée avec les nombres d'Eisenlohr.}$$

L'exaltation très forte (2,76) s'explique par la structure érythrénique du carbure, elle est un peu supérieure à la valeur 2,40 qu'on peut calculer à partir des constantes publiées pour l'hexatriène. Sa composition centésimale, vérifiée par combustion, est correcte. D'autre part, il absorbe énergiquement le brome en donnant uniquement un hexabromure solide qui, recristallisé dans l'alcool méthylique, a l'aspect de petites aiguilles blanches fondant à 122°. Un dosage a attribué à ce bromure la teneur en brome 81,24 pour 100, la formule $C^8H^{12}Br^6$ voudrait 81,63 pour 100.

Fraîchement préparé, ce carbure se présente sous forme de paillettes blanches, onctueuses au toucher, à odeur forte. Abandonnés à l'air, ces cristaux se transforment au bout de quelques jours en une résine de couleur ambrée, qui, observée au microscope polarisant, cesse de rétablir la lumière entre nicols croisés. Cette gomme a conservé une consistance molle, elle est demeurée très élastique, c'est un véritable caoutchouc.

Ayant remarqué, sur une solution chloroformique, que la résinification se développait sur les parois du récipient au niveau de la surface libre du liquide, j'ai pensé qu'elle était due à une oxydation. Cette hypothèse s'est trouvée confirmée : d'une part des cristaux placés en tubes scellés et dans le vide se conservent sans altération sensible, d'autre part en atmosphère d'oxygène, ils passent rapidement à l'état de gomme en provoquant un vide partiel dans l'appareil.

Enfin l'odeur de cette gomme est toute différente de celle du carbure, elle rappelle celle des queues de distillation de l'aldéhyde crotonique. D'ailleurs par agitation avec le réactif de Schiff, elle lui communique intensément la coloration bleue des aldéhydes éthyléniques; enfin elle ne présente pas de réaction acide au tournesol.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude d'émétiques dérivés de l'acide lactique.* Note de MM. **Volmar** et **Betz**, présentée par M. Delépine.

Conformément à la théorie de Jungfleisch ([1]), Moritz et Schneider ([2]) ont montré que les acides-alcools, en solution aqueuse, fixent l'acide antimonieux et forment en présence de leurs sels alcalins ou alcalino-terreux des composés analogues aux émétiques.

Nous nous sommes proposé d'étudier la formation et la constitution d'émétiques particulièrement simples, dérivés d'un acide ne renfermant qu'une fonction alcool et une fonction acide, l'acide lactique.

La solubilité de l'acide antimonieux dans les solutions acides de lactates a déjà été signalée par divers auteurs. Moritz a montré que cette réaction était limitée. Moritz et Schneider ([2]) ont isolé un dérivé sodique auquel ils attribuent la formule $(C^3H^5O^3)^2SbONa^2$, $C^3H^5O^3$. Avec le lactate de potassium, on n'a obtenu que des solutions incristallisables.

I. *Influence sur la fixation de l'acide antimonieux des proportions d'acide lactique et de lactate alcalin à température fixe et temps constant.* — Nous avons préparé différents mélanges constitués de la façon suivante : acide lactique (de fermentation), 10^{cm^3} de concentration normale; soude normale, n^{cm^3}; eau, q. s. pour 10^{cm^3}; oxyde antimonieux (précipité à chaud), 1^g, n pouvant prendre des valeurs comprises entre 0 et 10. Nous avons opéré à la température du bain-marie bouillant en ayant soin d'éviter les pertes d'eau et en agitant mécaniquement pendant toute la durée de l'expérience (2 heures). L'enrichissement progressif en antimoine de la solution a été suivi iodométriquement, par la méthode de Mohr-Frésénius. Les résultats obtenus ont été réunis dans le tableau suivant :

Acidité $=(10-n)$	0	0,7	1,85	3	5	7,65	10
I N/10 (vol. pour 5^{cm^3} de filtrat)	0,3	0,4	2,8	4,5	5,85	4,65	1,1

L'acide lactique seul dissout bien de l'acide antimonieux, contrairement aux indications d'Adam ([3]), mais cette fixation est faible et la présence simultanée de lactate de sodium l'augmente notablement. En portant en abscisse l'acidité libre, en ordonnée le nombre de centimètres cubes de I N/10

([1]) *Bull. Soc. ch.*, 2e série, **40**, 1883, p. 98.
([2]) *Zeits. phys. Chem.*, **41**, 1902, p. 129; *Zeits. angw. Ch.*, **16**, 1903, p. 34; **17**, 1904, p. 1143.
([3]) *Comptes rendus*, **118**, 1894, p. 1274.

employés, on obtient une courbe présentant un maximum de fixation pour la concentration équimoléculaire d'acide lactique et de lactate de sodium.

En opérant avec les lactates de potassium et d'ammonium, nous avons obtenu une courbe analogue présentant un maximum de fixation également pour la concentration équimoléculaire; les quantités d'oxyde absorbées sont les mêmes qu'avec le lactate de sodium. Les antimoniolactates en solution pouvant être considérés comme entièrement dissociés, nous en concluons que l'ion complexe formé doit être le même dans les trois cas.

II. *Fixation de l'acide antimonieux en fonction du temps.* — Nous avons opéré sur une solution équimoléculaire d'acide lactique et de lactate de sodium et nous avons prolongé l'opération pendant plusieurs heures en suivant la fixation de l'acide antimonieux par un titrage iodométrique de l'antimoine. Nous sommes arrivés aux résultats suivants :

Temps....................	20^m	40^m	2^h	6^h	8^h	26^h	27^h
I N/10 (cm^3 employés)......	5,20	5,5	5,85	6,3	6,55	7,05	7,05

La courbe correspondante est analogue à une courbe d'éthérification.

En appliquant à cette réaction la loi d'action de masse, on constate que la quantité d'émétique formé au cours de l'expérience peut être représentée par une expression analogue à celle qui représente la quantité d'éther formé par action d'un acide sur un alcool.

III. *Préparation de l'antimoniolactate de sodium cristallisé.* — Nous nous sommes placés dans les conditions que les expériences précédentes nous ont montré les meilleures : nous avons opéré au bain-marie bouillant avec un mélange équimoléculaire d'acide lactique et de lactate de sodium et prolongé l'opération pendant 3 heures; après décantation de l'excès d'acide antimonieux, le filtrat a été évaporé à consistance sirupeuse; par refroidissement, il s'est déposé des aiguilles prismatiques incolores qui ont été essorées à la trompe, puis lavées deux fois à l'alcool à 95°, une fois à l'alcool absolu et séchées.

Caractères. — L'antimoniolactate de sodium se présente sous forme de cristaux prismatiques incolores subissant vers 230° la fusion pâteuse, en se décomposant partiellement. Ils sont peu solubles dans l'alcool, surtout absolu; solubles dans l'alcool méthylique : 1/20 à 15°, 1/12 à l'ébullition; 1/24 dans le phénol fondu (40°), mais insolubles dans d'autres dissolvants organiques.

L'antimoniolactate de sodium se dissout dans l'eau en donnant une solution qui s'hydrolyse immédiatement avec mise en liberté d'acide antimo-

nieux, et la réaction est accompagnée d'une légère absorption de chaleur. La présence de corps à fonction alcoolique tels que glycérine, acide lactique ou lactate de sodium la retardent; l'addition d'un mélange d'acide lactique et de lactate de sodium ou d'un tartrate l'empêchent même complètement.

L'acide sulfhydrique précipite dans les solutions lactiques la totalité de l'antimoine; le composé est donc nettement moins stable que l'émétique tartrique.

Composition. — Le dosage de l'antimoine, du sodium, de l'acide lactique libre nous a donné des résultats correspondant à la formule brute

$$(C^3H^4O^3)^2NaH(SbOH).$$

Le poids moléculaire approché, déterminé par cryoscopie dans le phénol fondu, permet d'attribuer à M la valeur 338.

La formule développée peut s'écrire :

```
CH³ — CH — CO²Na   CH³ — CH — CO²H
      |                  |
      O ——————— Sb(OH) — O
```

LITHOLOGIE. — *Sur les micaschistes du Léon.*
Note (¹) de M. **Jacques de Lapparent**, présentée par M. Ch. Barrois.

A l'extrême pointe de la Bretagne, en pays de Léon, affleurent des micaschistes connus depuis les travaux de M. Charles Barrois comme « micaschistes à staurotide et à grenat ». C'est au port du Conquet qu'on peut, grâce à la haute falaise marine, en bien saisir le développement. Ils se poursuivent au Nord et au Sud.

Je voudrais consigner ici les résultats de quelques observations faites au cours de ma campagne géologique de l'été dernier.

Le clivage de ces micaschistes plonge au Sud sous un angle de l'ordre de 45°. Les cristaux de staurotide et de grenat se répartissent par lits qui tantôt sont dans le sens du clivage, tantôt lui sont obliques. On repère, dans ce dernier cas, la position de charnières qui permettent de déceler, au travers de la masse des micaschistes clivés, des plis, assez aigus d'ailleurs, marqués par l'alternance de lits à staurotide et à grenat et de lits sans ces minéraux.

(¹) Séance du 16 janvier 1933.

On tire de cette observation l'idée d'une hétérogénéité primitive du matériel dont dérivent, par métamorphisme, les micaschistes, et qui a fourni des lits « à minéraux », témoins d'une stratification originelle.

L'examen micrographique des roches permet de voir, d'autre part, que les cristaux de staurotide sont postérieurs au plissement. On suit, dans leur masse, le jalonnement, par de petits cristaux de quartz détritiques, des zones plissotées. Les prismes mêmes des cristaux de staurotide interrompent, en certains cas, leur developpement dans un sens pour le poursuivre dans un autre quand change le sens de la courbure d'un plissotement; et il s'agit, bien entendu, d'un cristal unique non tordu mécaniquement. Toutes choses qui se comprennent en fonction même de ce qu'est la substance de la staurotide, c'est-à-dire un silicate d'alumine intimement uni dans son architecture à un composé ferreux, qui ne pouvait se développer que là où elle trouvait les éléments de son corps; la matière génératrice du micaschiste étant un dépot sédimentaire de constitution complexe : une argile, au sens géologique du mot.

A ce point des observations on peut conclure que, des masses argileuses ayant été plissées, un métamorphisme les atteignît, producteur de minéraux variés, et qui durait pendant la tension qui suivit le plissement de telle sorte que les micas s'orientèrent et que devint ainsi possible le clivage du matériel.

Mais ce n'est pas tout. Effectivement, les micaschistes sont gaufrés. J'entends par là que leurs clivages font apparaître des plis. Ceux-ci sont relativement larges au Conquet où leur axe est dirigé comme la ligne de plus grande pente des dalles. Plus au Sud, ils sont plus fins (le gaufrage est plus serré) et leur axe s'incline vers l'horizon. Les actions dynamiques de cet ordre subies par le micaschiste se manifestent en outre par les réactions plastiques de ce dernier sur des lentilles ou des filonnets quartzeux; et l'on voit aussi qu'en certaines zones le micaschiste est violemment froissé.

On est alors immédiatement amené à conclure que les micaschistes du Conquet ou des régions avoisinantes offrent les traces de deux séries d'actions dynamiques : une première série qui a permis le plissement général du matériel primitif, puis la production de sa schistosité pendant son métamorphisme; une deuxième série qui a provoqué la déformation du matériel élaboré, manifestée par le gaufrage ou le froissement de celui-ci.

Mais il convient alors d'examiner les relations des micaschistes et des granulites de la région. On voit très bien, d'une part, que les granulites peuvent imprégner les micaschistes, les digérant plus ou moins et les trans-

formant en les « gneiss granulitiques » de M. Charles Barrois; transformations qui, comme on peut s'en rendre compte en examinant les falaises au nord du Conquet (anse des Blancs-Sablons), sont postérieures aux séries d'actions dynamiques précitées. On voit aussi très bien, d'autre part (plage et criques du Trez-Hir), que les granulites recoupent les micaschistes, ceux-ci ayant encore subi les deux séries d'actions dynamiques tandis que la granulite n'est que faillée, se comportant comme une roche intacte là où le micaschiste est lui-même violemment dynamisé.

Or on sait qu'en Bretagne méridionale les granulites furent atteintes par la seconde phase paroxysmale du plissement hercynien et qu'elles ont, en Cornouailles, subi d'importantes déformations.

C'en est assez, à mon sens, pour permettre de conclure que la déformation des micaschistes du Conquet et des régions avoisinantes est antérieure à cette seconde phase paroxysmale hercynienne; que, dès lors, c'est à la première qu'il faut rapporter les efforts qui ont provoqué tant le gaufrage des micachistes que leurs déformations, et qu'en fin de compte la génération même des micaschistes de cette région est antehercynienne.

GÉOLOGIE. — *Le Crétacé supérieur de la partie occidentale de la province de Burgos.* Note de M. **Raymond Ciry**, présentée par M. Ch. Jacob.

Le régime des grandes lagunes, tantôt marines, tantôt lacustres, qui a régné dans la partie occidentale de la province de Burgos pendant tout le Crétacé inférieur (1), prend fin au Cénomanien, dont le caractère marin et transgressif est bien marqué. A partir de ce moment, jusqu'au Tertiaire, la mer a occupé sans interruption toute la région, dans laquelle la série stratigraphique s'établit de la façon suivante :

Cénomanien. — Par la nature de ses sédiments surtout gréseux, le Cénomanien présente encore de grandes analogies avec les dépôts antérieurs à faciès wealdien. L'examen de la faune permet de distinguer deux faciès : un faciès à Ostracés (*Ostrea flabellata, Exogyra columba*, etc.), particulier à la région méridionale, et un faciès à Orbitolines (*Orbitolina concava, O. aperta*), exclusivement représenté au Nord de la latitude de Villarcayo. Du point de vue lithologique, les différences entre les deux domaines sont peu marquées : partout dominent des grès plus ou moins argileux. Toute-

(1) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 198.

fois, dans la région septentrionale se rencontrent plus fréquemment des calcaires gréseux, voire même localement (Vallée du Rio Nela entre Santélices et Puentedei) des calcaires compacts à *Caprines* et des marnes à *Neolobites*.

Enfin, dans la même région septentrionale, aux environs d'Espinosa de los Monteros, on observe le passage de la partie supérieure des grès cénomaniens à des dépôts de faciès plus profond, constitués par des alternances répétées de lits de marne et de bancs de calcaire marneux, noduleux, gris bleuâtre.

Turonien inférieur. — Il est partout bien caractérisé par une faune d'Ammonites : *Mammites Revelièreanus*, *M. nodosoides*, *Pseudaspidoceras salmuriensis*, *Vascoceras subconciliatum*, *Thomasites Meslei*, *Pseudotissotia Bajonai*, *Neoptychites cephalotus*, *Puzosia* cf. *planulata*, etc., qu'accompagnent des Échinides, des Gastéropodes et des Lamellibranches.

La différence de faciès entre les régions septentrionales et méridionales, à peine sensible au Cénomanien, s'accentue. Dans le Sud, le caractère détritique persiste quoique atténué : les marnes à Céphalopodes peu épaisses coexistent avec des grès. Dans le Nord au contraire, dans la dépression qu'emprunte la voie ferrée de La Robla, les niveaux gréseux ont totalement disparu. Tout le sous-étage a pris le faciès des calcaires marneux intercalés de marnes qui apparaissait déjà, près d'Espinosa, dans la partie supérieure du Cénomanien et qui plus loin vers le Sud-Est, dans la région de Vitoria, prend un développement considérable et paraît envahir tout le Crétacé supérieur.

Turonien supérieur. — Il est représenté d'une façon très constante par des calcaires compacts qui m'ont donné, en divers points (Barrio Panizares, Cornejo, etc.), des Radiolites et des Hippurites (*Vaccinites præcorbaricus* *V.* cf. *giganteus*). Jouant un rôle important dans la topographie, ces calcaires constituent notamment la falaise qui domine au Sud la dépression du chemin de fer de La Robla entre Santélices et Espinosa et paraissent se prolonger à l'Est, dans la vallée de Mena, jusqu'aux environs d'Orduña.

Coniacien. — Au-dessus des calcaires précédents, viennent des marnes d'âge coniacien, dans lesquelles j'ai signalé déjà l'existence d'une belle faune d'Ammonites ([1]).

Santonien. — Le Santonien est mal caractérisé paléontologiquement. Il comprend des calcaires clairs, compacts, m'ayant fourni par place quelques

([1]) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 755.

Radiolites peu déterminables et des niveaux avec des Alvéolines encore à l'étude; à la partie supérieure viennent des calcaires à débris roux et des calcaires dolomitiques jaunes ou rouges.

Campanien. — Il lui revient une série calcaire à Radiolites et Hippurites (*Orbignya Heberti* et ses variétés *Verneuili* et *Vidali*, *Vaccinites Archiaci*), dans laquelle se rencontrent aussi des niveaux à Lacazines.

Maestrichtien. — Présent dans toute ma région, cet étage n'est bien caractérisé que sur les Hauts-Plateaux de Sedano et dans l'auréole du bassin tertiaire de Medina del Campo et de ses dépendances. Aux environs de Sedano, il est représenté par des marnes, des grès et des calcaires grèseux à Lacazines et à Rudistes (*Orbinya radiosa*, *Biradiolites ingens*, *Apricardia*, etc.). Dans l'auréole du bassin de Medina, sur la bordure septentrionale entre Torme et Sobrepeña, il comprend : à la base, des grès et des calcaires gréseux à Lacazines et Hippurites (*Orbignya Lamarcki*, *O. Lapeirousei*), puis des argiles bariolées sans fossiles, au-dessus desquelles enfin se placent de nouveaux calcaires gréseux roux qui renferment une faune abondante du niveau de Gensac : *Lepidorbitoides socialis*, *L. gensacicus*, *Omphalocyclus macropora*, *Hemipneustes* cf. *pyrenaicus*, *Alectronia larva*, *Nerita rugosa*, etc.

Ces niveaux se retrouvent sur la bordure occidentale du bassin, où ils supportent en concordance des calcaires à Alvéolines et à petites Nummulites de l'Éocène inférieur. A l'Ouest d'Incinillas, ils dessinent un diverticule synclinal, dont le village de Mundoval occupe à peu près le centre, et qu'épousent les calcaires éocènes. Toute la série se retrouve enfin sur la bordure méridonale, au pied de la Sierra de Testa. Mais tandis que les niveaux inférieurs conservent partout leurs caractères, le niveau supérieur à Orbitoides, tant dans le synclinal de Mundoval que dans la Sierra de Testa, devient progressivement grèseux et n'est plus fossilifère.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur une lacune de la théorie classique des marées.* Note de M. **Otto Pettersson.**

L'attraction du Soleil et de la Lune exerce sur le mouvement des molécules de l'eau et de l'air une influence dont l'étude constitue la théorie des marées et a occupé les savants depuis le temps de Newton et de Laplace. De nombreuses séries d'observations faites dans les mers scandinaves depuis 1907, ayant mis nettement en évidence des phénomènes nouveaux, à pério-

dicité semi-diurne, qui ne s'accordaient pas avec les principes de la théorie présente, on me permettra d'esquisser ici une solution possible de cette anomalie.

Les molécules liquides et gazeuses, qui constituent l'hydrosphère et l'atmosphère, se trouvent réparties, selon leur densité, dans des couches bornées par des surfaces équipotentielles géoïdales, dont la surface de la mer est la plus importante. Les molécules de l'eau ne peuvent pas franchir ou quitter cette surface sans une dépense considérable d'énergie. La chaleur rayonnante du Soleil peut favoriser ce passage peu à peu par l'évaporation, mais la force gravitationnelle F du Soleil et de la Lune, qui se monte seulement à 2 ou 3 dix-millioniémes de la pesanteur g, ne peut vaincre la résistance de la force g combinée avec celle de la pression de l'atmosphère.

Conséquemment, la force verticale F est sans aucun effet sur les mouvements superficiels de la marée montante et descendante, les seuls qu'on ait connus d'abord. Néanmoins, cette force, qui ne peut produire une déformation visible dans la surface libre de la mer, agit au travers de la superficie sur les molécules d'eau dans l'intérieur où la pesanteur est neutralisée par l'immersion, et la loi de Newton éliminée par la loi d'Archimède. Chaque molécule d'eau située sur la verticale, sous le champ de force du Soleil et de la Lune, reçoit donc par la force F l'impulsion de s'élever vers la surface.

Pour un milieu incompressible, comme l'eau enfermée dans le domaine océanique, c'est le principe de Varenius qui prévaut :

Si pars oceani movetur, totus oceanus movetur;

ce qui veut dire qu'un mouvement ascendant dans l'intérieur est compensé par un mouvement descendant de masses égales dans une autre partie du liquide, ce qui amène la nécessité de l'idée d'une circulation dans l'Océan, causée par les forces traitées par Laplace dans la *Mécanique céleste.* J'ai réussi à calculer la valeur de cette force F relativement à g et j'ai trouvé, à l'époque de l'équinoxe d'automne, le 22 septembre 1930 à 12^h :

$$F = +1{,}922.10^{-8}\ g \text{ à } 0^\circ \text{ lat. (équateur : force ascendante)}$$

et

$$F = -0{,}942.10^{-7}\ g \text{ à } 90^\circ \text{ (pôle Nord : force descendante)};$$

ce qui veut dire que le poids d'une colonne d'eau prise dans l'Atlantique à la profondeur de 4000^m était diminué de $0^{kg},788$ à l'équateur et augmenté dans le bassin polaire de $0^{kg},387$, par l'action newtonienne du Soleil et de

la Lune. La force résultante qui, à ce moment, dirigeait un courant de la mer polaire à l'équateur dans les profondeurs de l'océan Atlantique était de $1^{kg},175$ pour chaque mètre carré.

La conclusion que je tire de ce qui précède est qu'il existe une connexion intime entre la force des marées et la circulation océanique. Cette circulation serait des plus simples si l'eau de la mer était homogène. En réalité, elle est très complexe, parce que l'eau de la mer est formée de couches de différente densité, dont les surfaces limites présentent le caractère de niveaux équipotentiels. Parmi ces niveaux, on en trouve un qui, dans la dynamique de la mer, joue un rôle important parce qu'il sépare la couche supérieure de moindre densité (la *troposphère* de l'Océan) de la couche intérieure (la *stratosphère*). Cette surface a le caractère d'un niveau équipotentiel, mais à l'encontre de la surface supérieure, laquelle est gouvernée par la force puissante de la pesanteur, elle est d'une extrême mobilité sous l'action des mouvements ascendants et descendants, causés par la variation rythmique de la force verticale F des marées. On trouve cette surface, qu'on pourrait appeler la « tropopause » de l'Océan, à une profondeur d'environ 17^m dans le Kattegat, à 100^m dans l'Atlantique équatoriale et à 15^m dans le Gullmarfjord, où le premier effet de la marée interne, avec une amplitude d'environ 15 à 25^m et une périodicité de 27 jours, fut observé en 1909 et 1910 et méconnu comme incompatible avec la théorie alors prévalente (voir O. Krümmel, *Océanographie*, II).

La conclusion que je tire de ce qui précède est que la force verticale F, *dont l'impuissance à produire des phénomènes de marée de surface a été reconnue* 150 *ans auparavant par Laplace* (voir *Mécanique céleste*, V, Livre 13), *a le pouvoir de causer des mouvements d'une marée interne dans l'Océan.*

Tel est le contenu du traité formant ma contribution à la discussion des spécialistes convoqués par le Bureau en 1931 et 1932, en vue d'élucider le phénomène de la marée interne, méconnu par les savants de notre temps (voir H. Jeffries, *Geographical Journal*, et A. Defant, *Meteor. exp.*, Bd 7, Part I), lequel traité sera publié avec l'assentiment du Bureau central dans les Rapports du Conseil international pour l'exploration de la mer.

Remarques sur la Communication précédente, par M. **E. Fichot.**

M. Otto Pettersson n'est pas le premier à signaler que l'approximation faite par Laplace en négligeant l'accélération verticale devant l'accélération

horizontale dans le problème des marées risque de se trouver insuffisante dans certains cas. Il est visible, en particulier, que l'observation la met en défaut dans les régions où, par suite d'interférences, le courant reste constamment nul tandis que l'amplitude de l'oscillation verticale peut être relativement considérable (mer d'Irlande, au voisinage de l'île de Man).

D'autre part, l'hypothèse laplacienne du déplacement en bloc des molécules d'une même verticale n'est légitime que lorsque la profondeur est faible devant la longueur d'onde : elle peut donc être infirmée dans certains domaines restreints dont les périodes d'oscillations propres seraient courtes.

Dans ses leçons professées au Collège de France, les 6 et 11 février 1931, notre confrère M. Marcel Brillouin a soumis ces principes à une critique serrée et il a élaboré une théorie plus complète tenant compte de l'accélération verticale.

Il a montré que, si les hypothèses de Laplace sont suffisantes pour l'étude d'ensemble des océans, certains bassins isolés, profonds et peu étendus, peuvent effectivement présenter des surfaces nodales superposées et se trouver le siège d'une propagation verticale ([1]).

Autant qu'on en peut juger par l'exposé succinct de M. Pettersson, les nouveaux phénomènes observés dans les régions scandinaves viendraient confirmer les résultats théoriques de M. Brillouin. Mais il convient avant de conclure d'attendre la publication de l'Ouvrage annoncé par l'éminent océanographe danois, car les raisons sommaires qu'il a données dans sa Note ne semblent pas pouvoir être acceptées sans réserves.

PALÉOBOTANIQUE. — *Valeur morphologique du rachis primaire des Cladoxylées et des Zygoptéridées.* Note de M. **Paul Bertrand**, présentée par M. L. Mangin.

Nous avons décrit jadis (1909) en détail la structure si particulière du rachis primaire de la fronde des Zygoptéridées. Cet organe a la structure d'un axe : il possède deux plans de symétrie rectangulaires; il porte quatre files d'appendices, émis par paires alternativement à droite et à gauche, les deux appendices (R_2) d'une même paire étant coalescents à la

([1]) Marcel Brillouin et Jean Coulomb, *Oscillations d'un liquide pesant dans un bassin en rotation* (Gauthier-Villars, 1933).

base (*fig.* 1). Dès 1909, R. Kidston et Gwynne Naughan faisaient remarquer que la structure du rachis primaire des Zygoptéridées ne pouvait

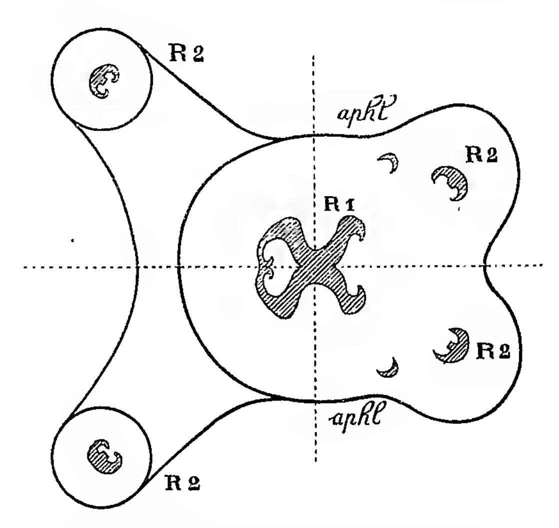


Fig. 1. — Ramification d'un rachis primaire de Zygoptéridée (*Diplolabis Römeri* Göpp.). *aphl*, faisceaux destinés aux aphlébies.

s'expliquer que si cet organe était dressé verticalement à la manière d'un stipe.

Il est intéressant d'examiner à ce point de vue les rachis primaires des *Clepsydropsis*, qui représentent, comme nous l'avons annoncé récemment (19 décembre 1932), les périodes des *Cladoxylon*. Nous prendrons comme

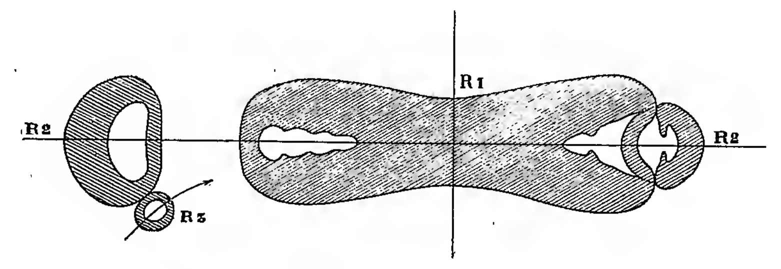


Fig. 2. — Ramification d'un rachis primaire de Cladoxylée (*Clepsydropsis excelsa* P. B.). On n'a représenté que les masses ligneuses.

exemple le *Clepsydropsis excelsa*, qui appartient au *Cladoxylon tæniatum*. Le rachis primaire possède une seule lame ligneuse R_1 (clepsydre), pourvue d'une boutonnière (faisceau primitif) à chaque extrémité. R_1 émet à ses deux extrémités des anneaux sortants, R_2, destinés aux pétioles secondaires et qui donnent à leur tour des anneaux, R_3, destinés aux pétioles tertiaires (*fig.* 2).

Nous voyons qu'il n'y a que 2 files de pétioles secondaires (et non 4 comme chez *Diplolabis* et *Zygopteris*). R_2 ne paraît pas subir de dichotomie, mais son plan de symétrie est perpendiculaire au plan de symétrie principal de R_1.

Les rachis secondaires ont une *symétrie bilatérale*, une structure dorsiventrale; ce sont eux les *vrais organes foliaires*, les vrais pétioles.

Les rachis primaires (c'est-à-dire les *Clepsydropsis*) sont des *axes supports;* ils ont une symétrie axiale avec deux plans de symétrie rectangulaires. Mais les organes foliaires qu'ils portent ont nécessairement une structure dorsiventrale. Ce sont les anneaux sortants R_2, qui sont comparables aux traces foliaires des Osmondacées, coupées très bas, au voisinage de leur insertion sur le système vasculaire du stipe.

De même chez les Zygoptéridées, les rachis primaires ne sont pas de vrais pétioles, ce sont des axes supports; ce sont en effet des sortes de stipes très simplifiés, en ce sens qu'ils ne possèdent qu'une seule masse ligneuse bi- ou quadripolaire. Ce sont les rachis secondaires qui sont les vrais pétioles, et là encore, on remarque que le système vasculaire de ces rachis secondaires rappelle parfois le système en fer à cheval des pétioles d'Osmondacées (*Diplolabis*).

En définitive, ce que nous avons appelé *rachis primaires* chez les Zygoptéridées et chez les Cladoxylées (*Clepeydropsis*) représente en réalité des axes supports, des stipes si l'on veut, différenciés en vue de porter les organes foliaires. C'est là en quelque sorte une catégorie de membres intermédiaires entre le stipe et la fronde et qui ne sont plus représentés chez les Fougères actuelles.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la formation du périthèce chez* Microsphæra *quercina* (*Schw.*) *Burr.* Note de M. J. **Raymond**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Cette Érysiphée est abondamment répandue dans toutes les régions de la France. Mais, pour des causes non encore élucidées, sa forme parfaite de fructification ne se rencontre régulièrement, chaque année, que dans une partie très restreinte de notre pays embrassant quelques départements de la basse vallée du Rhône.

Notre matériel d'observation a été récolté les 19 et 20 septembre dernier, partie à Poët-Laval (Drôme), partie aux environs d'Avignon. Grâce à

l'obligeance de M. E. Foëx et de M. J. Jœssel, à qui la région d'Avignon est des plus familières, nous avons pu, dirigé par eux, recueillir de nombreux échantillons. Ces derniers ont été fixés sur place, débités ensuite en coupes minces de $2^{\mu},5$ à 10^{μ}, enfin colorés à l'hématoxyline ferrique selon la méthode de Heidenhain.

L'origine du périthèce est tout d'abord indiquée par deux courts articles issus latéralement de deux filaments mycéliens voisins dont ils s'isolent par une cloison (*fig.* 1). Ces deux articles se dressent au-dessus du thalle, arrivent au contact et tendent à un enroulement réciproque. Tous deux sont uninucléés et l'un est presque toujours plus volumineux que l'autre.

Sur le rôle de ces organes chez les Ascomycètes, l'opinion reste partagée

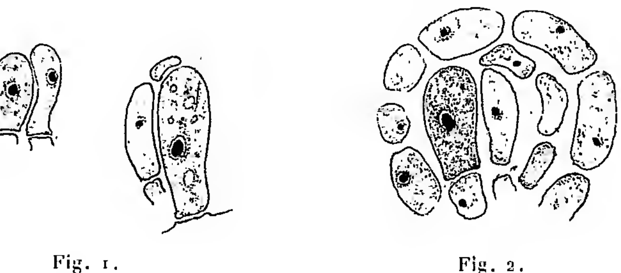


Fig. 1. Fig. 2.

entre deux écoles, celle de Harper qui reconnaît à ces formations un rôle sexuel effectif, et l'école de Dangeard qui considère ces organes comme déchus de leur fonction reproductrice ancestrale.

Or, en ce qui concerne *M. quercina* (Schw.) Burr., nos observations nous conduisent à prendre nettement position en faveur de la seconde opinion.

Pas plus, en effet, au stade où les deux organes prétendus sexuels existent seuls, que plus tard, lorsque le péridium est déjà représenté par une ou plusieurs assises de cellules, nous n'avons pu observer de mise en communication de ces organes, grâce à laquelle le contenu de l'un, noyau et cytoplasme, pût se déverser dans l'autre. Notre figure 2 est, à cet égard, fort démonstrative. On y voit la pseudo-anthéridie renfermant encore son noyau dégénéré *in situ*, et réduit à l'état de granule chromatique, alors qu'à côté, l'ascogone, bourré de protoplasme granuleux, pourvu de son noyau avec nucléole et caryolymphe, se montre plein de vitalité.

Cet état se modifie rapidement. Le volume de l'ascogone s'accroît et son noyau subit plusieurs mitoses. Des cloisons s'édifient et l'ascogone se trouve bientôt représenté par un petit groupe de cellules, trois ou quatre, dont l'une, terminale ou non, est binucléée, les autres ne renfermant qu'un

seul noyau (*fig.* 3). De son côté, la paroi du conceptacle ne reste pas inactive; elle présente, à ce moment, deux assises de cellules, quelquefois trois, auquel cas les éléments de l'assise la plus interne s'allongent côte à côte en direction radiale. La branche anthéridienne, comprimée de plus en plus entre l'ascogone et le péridium, ne tarde pas à disparaître. Dans les coupes faites à ce stade, les cellules de l'ascogone se distinguent aisément par la richesse et la chromaticité de leur contenu.

Dès lors, l'attention doit se porter sur l'article binucléé ascogonial, déjà signalé, et dont nous allons suivre le devenir. Grâce aux mitoses de ses

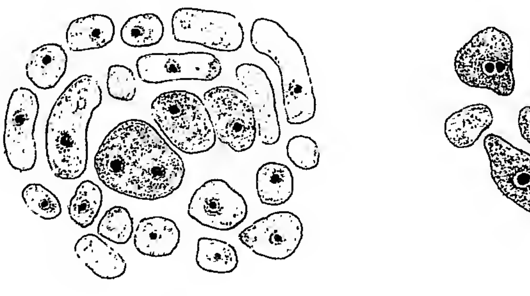


Fig. 3. Fig. 4.

deux noyaux, cet article passe bientôt à l'état plurinucléé, et, de sa surface, naissent des bourgeons dans lesquels s'engagent les noyaux. Ce sont les futurs hyphes ascogènes. Nous n'avons pu nous rendre exactement compte du développement progressif de ces derniers, mais il n'est pas douteux qu'il s'effectue selon le processus décrit par Harper dans *Erysiphe communis* Wallr.

Un peu plus tard, en effet, les hyphes ascogènes se montrent divisés en articles uninucléés, sauf quelques-uns, chez lesquels on compte deux énergides. Ces articles binucléés sont les diplogamètes (*fig.* 4). Dans un même périthèce, les uns se présentent à cet état, tandis que d'autres, plus avancés, offrent un noyau beaucoup plus volumineux résultant de la caryogamie « dangeardienne ».

Des observations qui précèdent, nous tirons les conclusions suivantes :

1° Le processus par lequel se constitue le périthèce chez *M. quercina* (Schw.) Burr. ne s'écarte en rien de celui déjà décrit pour d'autres espèces d'Erysiphées où le nombre des asques est supérieur à l'unité.

2° Les organes dont l'apparition annonce le début d'un périthèce et que leur disposition morphologique pourrait faire interpréter comme une

anthéridie et un organe à rôle sexuel effectif, ne sont que des organes témoins ayant perdu leur fonction au cours de l'évolution.

3° Dans le cycle évolutif de l'espèce considérée, nous n'assistons, en fait de fusion nucléaire, qu'à une seule, celle qui a lieu, comme nous venons de le voir, à la base de l'asque, à un stade, par conséquent, très avancé du développement du périthèce.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Caractères microchimiques des composés oxyflavoniques, leur localisation dans les vacuoles.* Note de MM. **A. Guilliermond** et **R. Gautheret**, présentée par M. Molliard.

On sait que les composés oxyflavoniques sont très répandus chez les Végétaux, mais jusqu'ici, en dehors de la réaction indiquée par G. Klein (cristallisation des flavones sous forme de chlorures par les vapeurs de HCl), de la précipitation par l'acétate de plomb préconisée par R. Combes et du jaunissement par les alcalis, on ne connaît aucun procédé permettant de déceler microchimiquement ces composés que la plupart des cytologistes ont confondus avec les tanins. Nous avons cherché des réactions susceptibles de les caractériser dans les vacuoles elles-mêmes.

Nous avons choisi, comme matériel, les cellules de l'épiderme des pétales de diverses fleurs jaunes ou blanches dont les cellules dépourvues de tanins renferment, dans leurs vacuoles, une solution de composés oxyflavoniques (Tulipe, Jacinthe, Narcisse, Œillet), et que nous avons étudiées comparativement avec des cellules à tanins (tige de Rosier). Toutes ces fleurs ont fourni, par le procédé de Klein, des cristaux de chlorures flavoniques jaunes (aiguilles et surtout sphérocristaux), parfois localisés dans les cellules elles-mêmes, mais le plus souvent déposés contre les parois cellulaires. Le tableau indique les réactions obtenues à la fois dans les vacuoles et sur des extraits de composés oxyflavoniques des fleurs étudiées. Ces extraits obtenus par trituration dans l'alcool, filtrés, fortement concentrés et étendus d'eau, ont été soumis aux réactifs indiqués. Nous avons répété les mêmes réactions sur un composé oxyflavonique pur, extrait des fleurs de Narcisse par R. Combes.

	Composés oxyflavoniques.			Tanins.	
	Dans la vacuole.	Dans les extraits.	Produit pur.	Dans la vacuole.	En solution.
Alcalis	Coloration jaune très marquée	Coloration jaune très marquée	Coloration jaune très marquée	Coloration brun rouge, parfois jaune	Coloration variant avec concentration du rose au rouge brun, pouvant être jaune à une concentration moyenne
Acétate de Pb	Précipités jaunes	Précipités jaunes	Précipités jaunes	Précipités blancs	Précipité blanc
Ion Fe^{+++}	Coloration gris vert ou brun clair	Coloration brun noir	Coloration brun noir	Coloration brun noir, parfois précipités noirs	Coloration brun noir intense
OsO^4	Coloration gris brun de la vacuole	Coloration gris brun	Coloration gris brun	Coloration noir intense, avec souvent précipités noirs	Coloration noire
NO^3Ag	Formation de petites particules d'Ag réduit, beaucoup plus abondante avec NO^3Ag ammoniacal	Coloration gris brun	Coloration gris brun	Formation de petites particules d'Ag réduit, beaucoup plus abondante avec NO^3Ag ammoniacal	Coloration gris brun avec NO^3Ag ammoniacal
Chloromolybdate d'ammonium	Coloration jaune pâle	Coloration jaune pâle	Coloration jaune pâle	Précipités jaunes ou rouges	Précipité jaune ou rouge
Acéto-tungstate de Na	Coloration jaune pâle	Coloration jaune pâle	Coloration jaune pâle	Précipités jaunes	Précipité jaune
$Cr^2O^7K^2$ et CrO^3	Coloration brun très pâle plus nette avec CrO^3	Coloration brun très pâle appréciable seulement au comparateur d'un appareil à pH	Brunissement très net	Précipité jaune brun	Précipité jaune brun
$Fe(CN)^6K^3 + NH^3aq.$	Coloration brun rougeâtre très pâle	Coloration brun rougeâtre très pâle	Coloration brun rougeâtre très pâle	Précipité rouge brun	Précipité rouge brun

	Composés oxyflavoniques. Dans la vacuole.	Composés oxyflavoniques. Dans les extraits.	Composés oxyflavoniques. Produit pur.	Tanins. Dans la vacuole.	Tanins. En solution.
Alcaloïdes	Aucune précipitation	Aucune précipitation	Aucune précipitation	Précipités blancs	Précipité blanc
Colorants vitaux	Virage des bleus de crésyl, de toluidine, de méthylène et de Nil au bleu vert et du rouge neutre au rouge framboise avec précipités plus colorés de colloïdes divers	Virage des bleus de crésyl, de toluidine, de méthylène et de Nil au bleu vert et du rouge neutre au rouge framboise mais sans précipités	Virage des bleus de crésyl, de toluidine, de méthylène et de Nil au bleu vert et du rouge neutre au rouge framboise mais sans précipités	Même virage du suc vacuolaire accompagné de précipitation du tanin	Même virage
Coupes fixées par la méthode de Regaud ($Cr^2O^7K^2$ + formol)	Les composés oxyflavoniques ne se conservent pas et les vacuoles apparaissent incolores	–	–	Conservation du tanin sous forme de précipités brun jaune	–
Coupes fixées par la méthode de Meves (CrO^3 + OsO^4)	Les composés oxyflavoniqués ne se conservent pas	–	–	Conservation du tanin sous forme de précipités noirs ou blancs	–

Certaines de ces réactions sont nettement différentielles pour les composés oxyflavoniques et les tanins. Prise isolément, chacune de ces réactions n'a qu'une valeur restreinte, mais leur ensemble permet de reconnaître les composés oxyflavoniques, à condition toutefois que ceux-ci ne coexistent pas, dans les vacuoles, avec des tanins, auquel cas seuls l'acétate de plomb et surtout la réaction de Klein, lorsqu'elle est possible, permettent de déceler les composés oxyflavoniques.

PHYSIOLOGIE. — *Technique pour l'étude des muscles de l'œil chez les Sélaciens*. Note de Mlle **S. Nouel**, présentée par M. L. Mangin.

Étant au laboratoire de Saint-Servan nous avons eu à notre disposition un matériel de choix pour l'étude de la musculature oculaire. Nous avons

opéré sur des roussettes. Ces poissons abondent en effet dans les parages de Saint-Malo, plus exactement au nord-ouest de l'île Cézembre.

Dès 1930 nous avons pu établir une circulation d'eau de mer permettant la survie de l'animal en parfait état pendant de longues heures et nous avons fait quelques expériences sur l'excitabilité des muscles extrinsèques.

Nous avons employé une anode en argent que nous avons placée dans la bouche de l'animal et nous avons construit une cathode punctiforme en fil d'argent préalablement chloruré dénudée seulement sur une petite portion de sa longueur (le fil d'argent dépassant un mince tube de verre effilé).

Avec ce dispositif d'une part et d'autre part les appareils employés généralement pour la mesure de la chronaxie par la méthode des décharges de condensateurs, nous avons tout d'abord, en recherchant le ou les points moteurs, observé les variations qu'on obtient en déplaçant la cathode le long du muscle.

Soient : 1, 2, 3, 4 les muscles droits examinés.

Expérience I.

Muscle 1.		Muscle 2.		Muscle 3.		Muscle 4.	
Rhéob.	Chronaxie Cap. (¹).	Rhéobase.	Chronaxie Cap.	Rhéobase.	Chronaxie Cap.	Rhéobase.	Chronaxie Cap.
1	30	1	32	–	–	3,5	50
1	32	0,9	32	0,8	34	3,4	45
1	37	–	–	–	–	5,2	30
–	–	–	–	–	–	5,2	27

Le dernier chiffre obtenu sur le muscle 4 (capacité 27 millièmes de microfarad nous a incités l'année suivante, en août et septembre 1931, à faire plusieurs expériences aussi rigoureuses que possible (²) permettant de préciser les conditions dans lesquelles nous obtenons ces chiffres plus petits.

(¹) Dans les expériences, et dans celles qui suivent, les capacités sont évaluées en millièmes de microfarad. Le calcul donne des chronaxies très voisines de celles des muscles rapides chez le même animal.

(²) Cette série d'expériences a été faite avec le concours de M. Kajiwara.

EXPÉRIENCE II.

Muscle 1.		Muscle 2.		Muscle 3.		Muscle 4.	
Rhéob.	Chronaxie Cap.	Rhéobase.	Chronaxie Cap.	Rhéobase.	Chronaxie Cap.	Rhéobase.	Chronaxie Cap.
2,5	20	0,9	20	1,4	20	-	-

Nous avons rencontré des difficultés d'ordre physique dans la détermination de la chronaxie du muscle 4, ce muscle étant situé sous le globe oculaire et baignant dans le liquide. Nous avons donc repris des mesures sur le muscle 4 d'une autre Roussette.

EXPÉRIENCE III.

Rhéobase.	Chronaxie.	
2,4	25	Le premier chiffre 25 est obtenu en posant la cathode précisément au point moteur.
3	30	Pour la deuxième mesure, la cathode a été déplacée légèrement et se trouve au voisinage du point moteur.

Cette dernière expérience a été reprise sur le *grand oblique*. Nous avons eu les chiffres suivants :

EXPÉRIENCE IV.

Rhéobase.	Chronaxie.	
6,9	35	Au voisinage du point moteur.
7,8	40	Positions de l'électrode variant le long du muscle.
9,1	50	
8,2	50	
4,7	25	
6,8	60	
2,2	25	Au point moteur.

EXPÉRIENCE V. — Sur un autre muscle nous avons obtenu des chiffres variant de 35 à 45 pour six mesures, la septième mesure nous a donné le chiffre 80.

Cette première étude nous a montré tout d'abord combien il importe, dans des expériences comparatives, de préciser non seulement les conditions de passage de courant en notant la position exacte de la cathode, mais encore la méthode d'observation des seuils : toutes ces déterminations ont dû être faites à la loupe, le muscle étant bien éclairé.

Les muscles de l'œil chez les Sélaciens, semblent, par leur disposition anatomique particulière, être favorables pour des recherches sur l'excitabilité neuro-musculaire.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Comparaison du métabolisme respiratoire de l'Anguille à quelques stades de son développement.* Note de M[lle] **Anne Raffy**, présentée par M. Joubin.

Divers auteurs ont déjà mesuré les échanges respiratoires de l'Anguille(¹). Récemment, Terroine et Delpech (²) ont vérifié qu'ils variaient en sens inverse du poids.

Ces différents résultats se rapportent à des individus adultes, dont l'état physiologique n'est généralement pas précisé. Or l'Anguille présente, au cours de son développement, des formes dont les différences individuelles sont des plus marquées. Il nous a paru intéressant de comparer entre elles les consommations d'oxygène des principales de ces formes, espérant apporter ainsi quelques données nouvelles et utiles pour la compréhension physiologique et biologique du remarquable cycle de métamorphoses de cette espèce, d'un intérêt à la fois théorique et pratique tout particulier.

Nous avons envisagé au point de vue respiratoire les Civelles, les petites Anguilles jaunes à organe de Syrski (sexe non encore différencié), de jeunes Anguilles jaunes femelles (pesant de 30 à 50^{g} et originaires des marais de la Sarthe), de grosses Anguilles jaunes de poids variable; enfin les individus en état d'activité génitale : mâles ou femelles argentés.

Tous les sujets de nos expériences provenaient du Bassin de la Loire. Nous les avons tous fait respirer dans l'eau douce.

Nous pouvons, en premier lieu, remarquer d'après nos résultats, qu'à l'exception des Civelles qu'il est difficile de peser avec précision en raison de leur petitesse et de l'abondance de leur mucus, les différentes anguilles respirent d'autant plus activement que leur poids est plus faible, à quelques irrégularités près.

Nous donnons ici dans le Tableau I, les mesures relatives aux Anguilles jaunes à organe de Syrski, aux Anguilles femelles de la Sarthe, aux Anguilles argentées mâles et femelles.

(¹) Jolyet et Regnard (1877), Bounhiol (1905), Montuori (1913), Gardner (1922).

(²) *Annales de Physiologie et de Physico-chimie biologique*, 7, 1931, p. 341-381.

TABLEAU I.

N°.	Poids.	Oxygène consommé en cm³ par heure.	Oxygène consommé en cm³ par gramme-heure.
Anguilles jaunes à organe de Syrski (tempér. : 13°).			
1	35,5	3	0,084
2	37	2,298	0,062
3	38	2,55	0,067
4	40	2,025	0,050
Anguilles femelles de la Sarthe (tempér. : 17°).			
1	30	3,036	0,101
2	40	3,540	0,088
3	50	3,77	0,075
Anguilles argentées mâles (tempér. : 17°).			
1	35	4,140	0,117
2	50,5	5,012	0,098
3	52	5,414	0,104
4	59	4,930	0,083
5	62	5,922	0,083
6	66	4,188	0,063
Anguilles argentées femelles (tempér. : 17°).			
1	485	33,8	0,069
2	1110	59,7	0,053
3	1195	56,5	0,047
4	1270	42	0,033

En second lieu, nous avons établi un Tableau II comparant l'activité respiratoire des différentes formes à une même température de 17°.

Nous avons pris les moyennes de plusieurs mesures quand les poids étaient voisins. Nous donnons plusieurs chiffres quand les individus appartenant à la même forme offraient de grandes différences de taille. La moyenne des poids des femelles de la Sarthe est un peu supérieure à celle des poids des mâles, mais on peut voir d'après le Tableau I que les poids de ces deux formes se chevauchent. Les moyennes, fournies par d'autres individus (ayant figuré dans des expériences d'un autre ordre), conduisent à placer les mâles avant les femelles de la Sarthe. En tout cas, ces deux formes sont de poids extrêmement voisins et les respirations sensiblement égales.

Tableau II.

Température : 17°.	Poids moyen.	Oxygène consommé en cm³ par heure.	Oxygène consommé en cm³ par gramme-heure.
Civelles	g 0,231	0,037	0,161
Anguilles jaunes à organes de Syrski	33	3,346	0,100
» femelles de la Sarthe	40	3,540	0,088
» argentées mâles	54	4,935	0,091
» jaunes femelles	90	7,435	0,082
» »	430	29,580	0.069
» femelles argentées	485	33 8	0,069
» »	1191	52,7	0,044

Les diverses formes de l'Anguille consomment, à une même température, d'autant plus d'oxygène qu'elles sont moins lourdes. Le sexe ne semble pas avoir d'influence, les mâles se rapprochent des petites femelles de poids voisin, les Anguilles femelles se classent par ordre inverse de taille, non selon leur activité génitale. Il faut toutefois remarquer que les sujets de nos expériences n'étaient pas à leur complète maturité sexuelle. Quoi qu'il en soit, pour les formes que nous avons étudiées, la règle des tailles (exprimées en poids) est vérifiée par rapport aux différentes formes, comme elle l'est sensiblement, pour chaque forme, par rapport aux différents individus.

A 15h25m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 FÉVRIER 1933.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES RICHET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Une nouvelle imprévue et douloureuse vient de nous parvenir. M. **Mesnager**, qui était à mes côtés dans nos précédentes séances comme vice-président, et qui devait l'année prochaine être notre président, vient de succomber à la suite d'une cruelle opération.

Élève de l'École Polytechnique, devenu plus tard Inspecteur général des Ponts et Chaussées, il fut professeur à l'École des Ponts et Chaussées et au Conservatoire des Arts et Métiers. De bonne heure, il s'était consacré aux problèmes multiples et délicats qu'entraînent les constructions du génie civil, et, de fait, il fit toujours marcher de pair la théorie et la pratique.

Ses travaux sur l'élasticité et la résistance des matériaux sont devenus classiques.

Il a contrôlé ou confirmé au besoin l'enseignement tiré de la théorie de l'élasticité par les résultats que fournit la double réfraction accidentelle, due aux déformations élastiques dans un corps homogène et isotrope comme le verre. Ces petits modèles de Mesnager sont célèbres. Cette méthode permet de remplacer de longs calculs par des observations qu'on peut faire rapidement sur des modèles réduits en verre.

Poursuivant ses pénétrantes recherches sur l'élasticité, il a étudié les

conditions de l'équilibre élastique pour les plaques circulaires et les plaques rectangulaires, et il a montré l'intérêt de ces problèmes pour certaines constructions. Il a aussi porté son attention sur le béton armé dont il a cherché dans son laboratoire de l'École des Ponts et Chaussées les lois de la déformation.

Une de ses œuvres principales est la construction du grand pont de la Balme sur le Rhône (une seule arche de 95^{m}). Ce travail mémorable a excité l'admiration autant par l'ingéniosité de la construction prévue et confirmée, que par la nouveauté de l'entreprise.

Comme professeur, comme théoricien, mais surtout comme constructeur aussi sage qu'audacieux, M. Mesnager était un maître, et sa mort prématurée éveille chez nous tous une douloureuse surprise. Vous connaissiez sa courtoisie, et, malgré sa science, sa bienveillante modestie.

En mon nom et en votre nom, mes chers Confrères, j'adresse à Mme Mesnager et à ses enfants toute notre profonde émotion.

Je lève la séance en signe de deuil.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Objections à la théorie mycorhizienne.* Note de M. **J. Costantin**.

J'ai exposé récemment que les mycorhizes créent la résistance à la dégénérescence.

On a fait diverses objections à cette théorie que je vais examiner ici.

D'abord les mycorhizes peuvent avoir d'*autres fonctions* que celle envisagée par moi : cela paraît très juste. M. Leclerc du Sablon (¹) a signalé que les *mycorhizes externes* peuvent être utiles à la plante qui les porte parce qu'elles assimilent l'azote organique du sol et le transforment en nitrates, aliment azoté par excellence des Phanérogames; ces mycorhizes sont donc nécessaires et expliquent le rôle des Champignons dans la symbiose (on connaît, à ce propos, les belles expériences de M. Molhard sur les ronds de sorcières).

Il est à noter que le consortium symbiotique de la Canne est d'un type différent du précédent, car les *mycorhizes sont internes* comme dans la majorité des plantes montagnardes (²).

Je reviens donc à la conception exposée dans ma dernière Note. Les objections suivantes ont été faites à mon hypothèse : 1° si l'altitude produit

(¹) Leclerc du Sablon, *Traité de Physiologie*, 1911, p. 239 et 497.

(²) J. Costantin et Magrou, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 26

la résistance, on ne comprend pas pourquoi la dégénérescence existe en montagne; 2° si les mycorhizes produisent l'immunité, comment se fait-il que le *Pythium* soit présent dans les Cannes contaminées par le Séreh? De cette dernière remarque, il semble donc découler qu'elles n'ont rien à voir avec la guérison de la dégénérescence.

I. A la première objection, je répondrai par deux exemples, l'un se rapportant à la Canne (virus), l'autre au Caféier (Rouille).

a. Pour la Canne, il s'agit de la Mosaïque de cette plante, maladie de la dégénérescence si voisine du Séreh qu'on a cru pouvoir à tort les identifier (c'est l'hypothèse émise en 1925 par un phytopathologiste distingué, M. Marchal). J'ai montré en 1932 [1] que cette maladie a été combattue efficacement en Argentine et dans toute l'Amérique tropicale à l'aide de variétés javanaises bien que présentant quelquefois des symptômes de la maladie dans la proportion de 100 pour 100. Cela ne les a pas enpêché d'avoir un succès étonnant, parce que toutes les autres variétés étaient plus contaminées et produisaient beaucoup moins de sucre. La supériorité des plantes venant de Java tenait, à n'en pas douter, à ce qu'elles y avaient subi le traitement montagnard. Cela prouve qu'il peut venir des montagnes des plantes dégénérées et même dans la proportion de 100 pour 100. M. P. Van Harreveld (1922) a prouvé d'ailleurs pour *Chunnee*, variété qui a été très cultivée à Java, qu'elle avait *en forte altitude*, vingt-trois ans après son introduction de l'Inde où elle était primitivement indemne de maladie, 100 pour 100 de pieds mosaïqués et le *traitement montagnard ne la guérissait pas* [2]. Cet auteur n'a pas eu l'idée de rechercher, comme pour les variétés javanaises des plaines de l'Argentine *et en basse altitude*, si elle ne donnait pas un plus haut tonnage en sucre que les autres variétés malades précédemment cultivées en Amérique.

Comment expliquer la résistance singulière de ces plantes à Java? A des phénomènes d'atténuation de la virulence de la maladie qui ont été signalés pour la première fois, en 1923, par MM. Brandes et Klaphaak [3]. Ces auteurs ont dit les premiers que les plantes malades étaient atteintes de *Mosaïque douce*. L'idée très ingénieuse et très remarquable de ces auteurs avait déjà été entrevue avant eux par M. Barber (1919) et par M. Fawcett (1920); elle a été confirmée par M. Hansford (1924) toujours pour la Canne. Elle a été étendue depuis à la Pomme de terre pour une autre Mosaïque par M. Botjes (1928) et divers auteurs américains.

b. Le second exemple est plus probant encore et surtout tout à fait

---

(1) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1614; *Agronomie coloniale*, 21. n° 176, 1932, p. 41 à 51.

(2) *Arch. Suikerind. Nederl. Indie*, 30, 1922, 16, p. 261 à 264 (en hollandais).

(3) *J. of. Agric. Rés.*, 24, 1923, p 247-262, 4 pl.

décisif. Il s'agit du Caféier sauvage du Kenya appelé « nandi » par les indigènes. (*Coffea eugenioides* ayant été appelé primitivement mais incorrectement *C. nandiensis*.)

Tous les pieds sont envahis en montagne et cependant M. Dowson [1] a établi, en 1924, qu'ils résistent à la Rouille. Sa démonstration est aussi précise qu'élégante et elle rappelle certaines démonstrations géométriques réputées pour leur beauté. A 2000m d'altitude, le Caféier est si résistant qu'il est inutile de sulfater contre la Rouille (*Hemileia vastatrix*). Entre 1800 et 1500m d'altitude, le traitement est nécessaire contre la maladie et il est efficace (on emploie une bouillie assez particulière contenant en plus du sulfate de cuivre du carbure de calcium) mais il faut doubler les doses ordinaires : donc *quand l'altitude est moindre*, *la résistance est moins forte*. Au-dessous de 1200m la résistance baisse encore; il faudrait vraisemblablement quadrupler les doses d'antiseptique pour atteindre un résultat pratique et cela n'est pas certain; on a jugé préférable de renoncer à tout traitement, d'abord parce qu'il serait trop coûteux, surtout parce qu'il serait inutile : la maladie étant trop forte.

Cet exemple est donc saisissant et il établit avec certitude : 1° que la résistance dépend de l'altitude et diminue avec elle; 2° que la présence du Champignon n'empêche pas la résistance d'exister.

C'est la première fois que l'on faisait des expériences sur la Rouille et sur la résistance à cette maladie : elles ont, comme tout ce qui est expérimental, une très grande portée.

II. Les faits mentionnés plus haut dans le précédent paragraphe répondent à la deuxième objection, dans le cas de la Mosaïque de la Canne. Les variétés javanaises employées en Argentine et ailleurs doivent contenir des Champignons symbiotiques dans les racines, comme dans toutes les Cannes de Java; d'ailleurs les plantes sont résistantes malgré l'existence du virus. Il y a résistance créée par la montagne, c'est prouvé pour les *Cannes saines* par 43 années de pratique agricole. Dans les deux cas, la résistance tient au *Pythium* des racines puisqu'il est présent. Donc l'existence du Champignon n'est pas incompatible avec un certain degré d'immunité : plus forte avec les plantes saines, plas faible avec celles ayant la Mosaïque douce. La présence simultanée de la résistance et de mycorhizes n'établit cependant pas avec certitude un lien entre les deux; il n'y a que de grandes présomptions pour une telle connexion.

Pour le Caféier sauvage qui vient d'être étudié, une relation certaine existe entre la résistance, la montagne et la Rouille; mais comme les mycorhizes n'ont jamais été

---

(1) *Annals of applied Biology*, 8, 1921, p. 83 à 100.

décrites parce qu'elles n'ont jamais été recherchées, on ne peut pas parler de connexion avec la résistance.

D'autre part, au contraire, le Caféier cultivé (*Coffea arabica*) a de très belles mycorhizes étudiées par Janse; on sait d'ailleurs avec certitude que la montagne donne de la résistance à cette espèce. Sont-ce les mycorhizes qui produisent ce résultat ? Cela n'est pas invraisemblable mais non démontré; d'ailleurs l'étude de Janse révèle des difficultés sur ce point qu'il faudra lever.

Ces faits établis en réponse aux deux objections I et II, examinons ce qui se passe quand un être vivant étranger quelconque pénètre dans un végétal. Celui-ci réagit d'une manière énergique. On sait que quand un Champignon symbiotique d'Orchidée (*Rhizoctonia repens* par exemple) pénètre dans la graine de cette plante, la réaction à cette invasion est un phénomène de phagocytose (Noël Bernard, Magnus, Galland, Magrou) : le noyau des cellules grossit énormément, il se lobe; dès qu'il est en contact des filaments fongiques il les affronte et arrive bientôt à les digérer. Il est certain que des phénomènes de cette nature se produisent lors de la pénétration d'un virus dans une racine de Canne ou d'un mycélium d'*Hemileia* dans un Caféier. Comment ne pas croire qu'un combat semblable doit alors se produire d'une part entre l'Urédinée précédente et les filaments mycorhiziens du Caféier; d'autre part entre les virus de la Canne et les Champignons symbiotiques.

Dans cette lutte, si les mycorhizes succombent, elles doivent disparaître et le parasite véritable (*Hemeleia* ou microbe invisible) triomphe et le végétal succombe. Si au contraire, le *Pythium*, dans le cas de la Canne, est plus fort, c'est l'inverse qui se produit et cette dernière plante surmonte l'épreuve pathologique qu'elle vient de traverser. Mais, en développant une énergie extrême pour atteindre ce résultat, les mycorhizes se trouvent renforcées. Restant dans la plante après la victoire, tout ennemi nouveau qui se présentera devra compter avec elles : la résistance d'origine fongique de la Canne qui, primitivement n'existait pas (en plaine et en montagne), se fait sentir alors : la Canne est devenue résistante.

Ces questions sont encore peu étudiées; cependant M. Magrou, dans la Pomme de terre, a observé des phénomènes de cet ordre. Il a vu, en inoculant à une germination de graine de Pomme de terre le Champignon mycorhizien du *Solanum dulcamara*, deux cas se produire : si c'est le Champignon symbiotique qui succombe, il est phagocyté : tous les filaments sont surcolorés et comme rôtis et ils ont cessé de vivre; si c'est l'inverse qui a lieu, les mycorhizes, non seulement subsistent mais prennent de l'essor, s'étendent dans les parties souterraines et la symbiotise s'établit, de sorte que son action bienfaisante se manifeste pour la Pomme de terre : le développement de

celle-ci est normal, aussi de puissants tubercules souterrains ne tardent-ils pas à apparaître, *le climat montagnard et les mycorhizes agissent dans le même sens.* Ils manquent de vigueur et de poids au contraire dans la plaine parce que la *résistance montagnarde, qui est distincte de l'autre*, manque.

On peut s'étonner, après ce qu'on vient de lire, que certains biologistes réputés prétendent que les mycorhizes ne servent à rien ou du moins ne jouent aucun rôle. Le moins que l'on peut dire, c'est que cette opinion est surprenante.

Une autre conclusion doit être tirée. Ce ne sont pas les taches de rouille et leur nombre qui renseignent sur la virulence de cette maladie, pas plus que les symptômes d'une maladie à virus : le *poids de la récolte* est un caractère beaucoup plus sûr; c'est d'ailleurs le seul criterium employé par les planteurs en Amérique (Argentine, Louisiane, etc.) depuis 1916 jusqu'à 1932, c'est-à-dire depuis 16 ans.

M. J. **Costantin** fait hommage à l'Académie de divers opuscules publiés par lui :

1° *Expériences sur la culture de la Pomme de terre en montagne*, par MM. J. Costantin, P. Lebard et J. Magrou.

2° *L'origine des premières flores terrestres.*

3° *Sélection pratique de la Pomme de terre en plaine et en montagne en vue de combattre la dégénérescence.*

4° *L'ancêtre de l'Homme d'après les Anciens.*

5° *Les certificats phytopathologiques en Agriculture.*

6° *Les curieux cas de variétés mosaïquées à 100 pour 100.*

CORRESPONDANCE.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la stabilité des files tourbillonnaires.* Note de M. **Georges Durand**, présentée par M. Henri Villat.

Cette Note a pour objet d'élucider un problème qui a été abordé par M. H. Lamb (¹), mais sans en donner une solution complète, et qui

(¹) *Hydrodynamics*, 5ᵉ édit., Cambridge, 1930, p. 208. Voir H. Villat, *Leçons sur la théorie des tourbillons*, Chap. IV (Paris, Gauthier-Villars, 1930).

constitue un point essentiel dans la théorie des expériences de M. Henri Bénard.

La recherche des conditions de stabilité, pour les files indéfinies de tourbillons, prend son point de départ dans l'expression de la vitesse due à la présence des tourbillons; celle-ci étant donnée par une série *indéterminée*, qu'on s'était borné à rendre convergente par un artifice de calcul, il y avait lieu d'en approfondir l'étude, ce que j'ai fait dans une Note récente (1). Les résultats obtenus légitiment la méthode par laquelle on a prouvé l'*instabilité* de la configuration *symétrique;* ils montrent, de plus, que le cas d'une file *unique* de tourbillons est difficile à concevoir au point de vue physique.

Mais, pour la configuration *alternée*, la plus importante puisque donnée par l'expérience, le problème demeurait posé : on ne connaissait qu'une condition *nécessaire* de stabilité, sans pouvoir affirmer si elle suffit ou non. J'ai pu montrer, en reprenant complètement la question, que non seulement cette condition n'est pas suffisante, mais que la configuration est, en général, *instable*.

Soient deux files parallèles et indéfinies de tourbillons de même intensité J en valeur absolue, les signes étant contraires dans les deux files; les affixes des tourbillons sont, pour chaque file : $z_k = z_0 + kl$, $z'_k = z'_0 + kl$, avec $z'_0 = z_0 - l/2 - ih$; le fluide peut être supposé indéfini ou limité par deux plans $z = \text{const}$. Si l'on désigne par $\zeta_p = \xi_p + i\eta_p$ et $\zeta'_p = \xi'_p + i\eta'_p$ les petits déplacements, à l'instant t, des tourbillons quelconques z_p et z'_p, les relations donnant la vitesse de z_p et z'_p conduisent à quatre équations qui, en posant

$$a = \frac{h}{l}; \qquad b = \pi^2\left(\frac{1}{\text{ch}^2 a\pi} - \frac{1}{3}\right);$$

$$\varphi(k) = \frac{4[(2k-1)^2 - 4a^2]}{[(2k-1)^2 + 4a^2]^2}; \qquad \psi(k) = \frac{16a(2k-1)}{[(2k-1)^2 + 4a^2]^2},$$

prennent la forme

$$\frac{2\pi l^2}{\text{J}}\frac{d\xi_p}{dt} = b\eta_p + \sum_{k=1}^{+\infty}\left[\frac{\eta_{p+k} + \eta_{p-k}}{k^2} - \psi(k)(\xi'_{p+k} - \xi'_{p+1-k}) - \varphi(k)(\eta'_{p+k} + \eta'_{p+1-k})\right],$$

les trois autres se déduisant de celle-ci par des permutations convenables entre les fonctions inconnues ξ, η, ξ', η'. En faisant varier p de $-\infty$ à $+\infty$,

(1) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1221.

on a un système S d'équations différentielles à une infinité d'inconnues, qui régissent les mouvements des tourbillons déplacés infiniment peu de leur position d'équilibre. Il suffira de considérer certaines intégrales particulières obtenues en imposant des relations aux fonctions inconnues de manière à réduire S à un nombre fini d'équations.

En posant

$$\xi_k = \xi_0 e^{ki\omega}, \qquad \eta_k = \eta_0 e^{ki\omega}, \qquad \ldots \qquad (\omega \text{ réel et arbitraire}),$$

on est ramené à 4 équations où les inconnues sont ξ_0, η_0, ... L'équation caractéristique, étant bicarrée, exige pour la stabilité que ses racines soient imaginaires pures, ce qui fournit une relation qui, devant être vérifiée pour toutes les valeurs de ω, redonne la condition *nécessaire* déjà connue :

$$\operatorname{ch} a\pi = \sqrt{2}.$$

Pour aller plus loin, je pose (n étant un entier arbitrairement choisi) :

$$\xi_0 = \xi_{kn}, \qquad \xi_1 = \xi_{kn+1}, \qquad \ldots, \qquad \xi_{n-1} = \xi_{kn+n-1}; \qquad \eta_0 = \eta_{kn}, \qquad \ldots,$$

ce qui réduit S à $4n$ équations. Au point de vue hydrodynamique, cela revient à partager une file en tranches de n tourbillons consécutifs et à donner le même déplacement initial à tous les tourbillons de même rang dans chacune de ces tranches. J'ai effectué le calcul pour $n = 2$; les déplacements initiaux étant $\overline{\zeta_0}$ et $\overline{\zeta'_0}$ pour les tourbillons de rang *pair* de la première et de la deuxième file, $\overline{\zeta_1}$ et $\overline{\zeta'_1}$ pour ceux de rang *impair*, les intégrales du système réduit sont de la forme

$$\begin{aligned}\xi_0(t) = \frac{1}{2}\Bigg\{&[\overline{\eta_0} + \overline{\eta_1} - (\overline{\eta'_0} + \overline{\eta'_1})]\gamma t + \overline{\xi_0} + \overline{\xi_1}\\ &+ e^{-\alpha t}\left[\frac{\overline{\xi_0} - \overline{\xi_1} - (\overline{\eta_0} - \overline{\eta_1})}{2}\cos\beta t + \frac{\overline{\xi'_0} - \overline{\xi'_1} + \overline{\eta'_0} - \overline{\eta'_1}}{2}\sin\beta t\right]\\ &+ e^{\alpha t}\left[\frac{\overline{\xi_0} - \overline{\xi_1} + \overline{\eta_0} - \overline{\eta_1}}{2}\cos\beta t + \frac{\overline{\xi'_0} - \overline{\xi'_1} - (\overline{\eta'_0} - \overline{\eta'_1})}{2}\sin\beta t\right]\Bigg\};\end{aligned}$$

$$\alpha = \frac{\pi J}{2l^2}\left(\frac{1}{\operatorname{ch}^2 a\pi} - \frac{1}{2}\right), \qquad \beta = \frac{\pi J}{2l^2}\frac{\operatorname{sh} a\pi}{\operatorname{ch}^2 a\pi}, \qquad \gamma = \frac{\pi J}{2l^2 \operatorname{ch}^2 a\pi}.$$

La condition nécessaire précédente entraîne $\alpha = 0$; mais, sauf pour

$$\overline{\xi_0} + \overline{\xi_1} = \overline{\xi'_0} + \overline{\xi'_1}, \qquad \overline{\eta_0} + \overline{\eta_1} = \overline{\eta'_0} + \overline{\eta'_1},$$

les fonctions $\xi_0(t)$, $\xi_1(t)$, ... augmentent indéfiniment avec t, *quelles que*

soient les valeurs des données h et l, et l'on a ainsi une infinité de déplacements initiaux qui donnent toujours lieu à l'*instabilité*.

Dans le cas plus particulier de $n = 1$, où $\xi_0 = \xi_k$, $\eta_0 = \eta_k$, ..., les intégrales deviennent :

$$\xi_0(t) = (\overline{\eta_0} - \overline{\eta'_0})\gamma t + \overline{\xi_0}, \qquad \ldots;$$

il y a instabilité si $\overline{\xi_0} \neq \overline{\xi'_0}$, $\overline{\eta_0} \neq \overline{\eta'_0}$, c'est-à-dire dès que le déplacement initial modifie la position relative des deux files.

En définitive, la configuration *alternée* ne jouit pas de la *stabilité absolue*; la stabilité expérimentale, observée par les physiciens pour $\operatorname{ch} a\pi = \sqrt{2}$, ne saurait s'expliquer que par le fait que, dans la réalité, on ne déplace initialement qu'un petit nombre de tourbillons, et sans doute aussi par le fait que la naissance, en des régions précises, des tourbillons, contribue à maintenir la stabilité à l'arrière des obstacles.

MOTEURS A EXPLOSION. — *Sur les pressions de combustion en vase clos des mélanges air-benzène*. Note de M. **Y. Laure**, présentée par M. A. Cotton.

Vieille avait établi [1] que la pression développée en vase clos, pour un mélange détonnant donné, dépendait du rapport S : V = Surface : Volume du récipient employé.

Vers la même époque, Mallard et Le Chatelier [2] signalaient l'importance que devait avoir la forme du récipient.

Wheeler devait vérifier plus tard [3] que pour des bombes sphériques la pression maxima obtenue est indépendante des dimensions de la sphère.

En liaison avec le Service des Recherches de l'Aéronautique, nous avons repris cette question et opéré sur quatre bombes différentes, mais présentant toutes le même rapport $S : V = 0,5\ \text{cm}^{-1}$.

---

(1) Vieille, *Comptes rendus*, 96, 1883, p. 116.
(2) *Annales des Mines*, 8e série, 4, 1883, p. 379.
(3) W. Wheeler, *J. of Chem. Soc.*, no 113, 1918, p. 840.

Bombes.	Diamètre intérieur D.	Hauteur intérieure H.	D : H.
	cm	cm	
A. Sphère....................	12	–	–
B. Cylindre..................	12	12	1
C. Cylindre..................	10	20	2
D. Cylindre..................	9	36	4

Notre étude a porté sur des mélanges air-benzène. Les variations de pression étaient mesurées par la déformation d'une membrane métallique, amplifiée par levier optique.

Les courbes obtenues dans chacune des bombes avaient les allures ci-dessous.

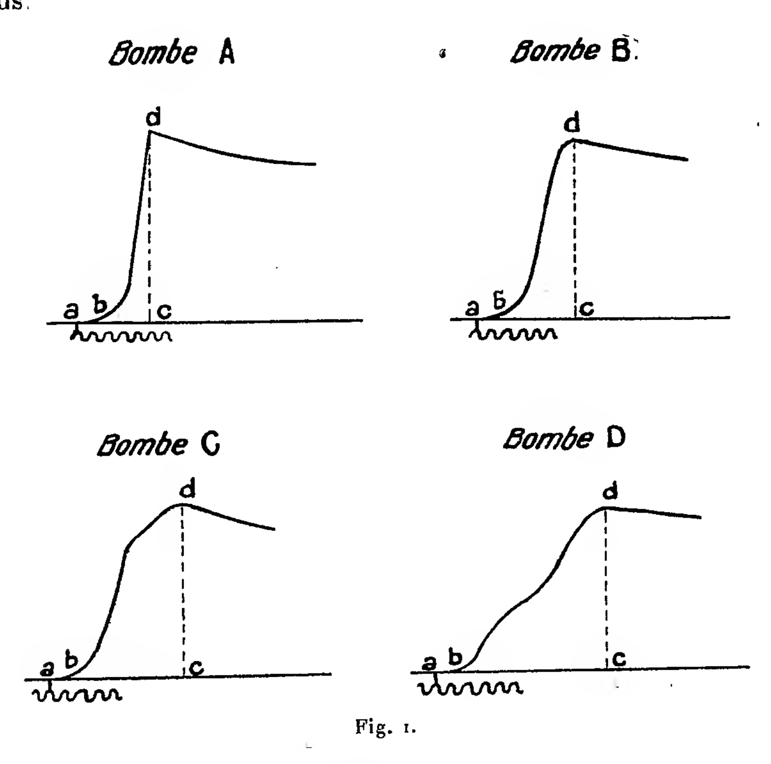


Fig. 1.

L'instant de l'allumage est marqué en *a* sur les diagrammes par la photographie d'une étincelle en série avec l'étincelle d'allumage. L'inscription photographique des vibrations d'un diapason permet la mesure du temps.

Pour un mélange de composition donnée, l'ordonnée *cd* de la pression maxima décroît lorsqu'on utilise successivement les bombes A, B, C et D. La durée de réaction, comprise entre l'instant de l'allumage et le moment où la pression est maxima, croît et le retard à l'inflammation *ab*, signalé en

particulier par Aubert et Pignot ([1]), Tchang-Te-Lou ([2]) et Duchêne ([3]) est indépendant de la forme de la bombe.

Si l'on trace les courbes représentant les ordonnées maxima *cd* en fonction de la richesse du mélange ρ = masse de carbure : masse d'air, on obtient les quatre courbes ci-dessous.

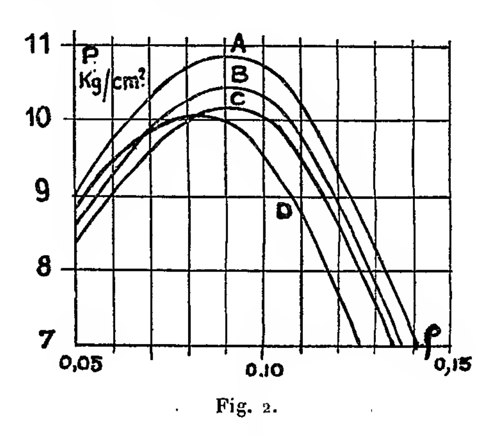


Fig. 2.

Les courbes B, C et D peuvent coïncider avec la courbe A par une translation convenable.

Nous avons essayé ensuite de faire varier le rapport S : V de la bombe sphérique en plaçant des lames de laiton à l'intérieur de la sphère suivant des plans diamétraux pour ne pas gêner la propagation de la flamme. Ces plaques présentaient une surface totale de 88^{cm^2}, ce qui portait le rapport S : V de 0,5 à 0,6 cm^{-1}. Suivant que ces plaques étaient placées vers le centre de la bombe ou vers la paroi, on obtenait une courbe A′, située à mi-distance entre les courbes A et B, ou une courbe confondue avec la courbe A.

Ainsi donc :

1° La forme du récipient joue un rôle essentiel dans l'allure du phénomène, puisqu'à S : V égal on obtient des résultats différents suivant la bombe employée.

2° On ne peut songer à faire varier S : V d'une bombe donnée par l'introduction de lames métalliques à l'intérieur, puisque les résultats dépendent de la position de ces lames.

([1]) *Annales de l'Office national des Combustibles liquides*, 3, IV, 1928, p. 591.

([2]) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 39.

([3]) *Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air*, n° 11, p. 48.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur la série* M *du tantale obtenue au moyen d'un tube ionique*. Note [1] de M. V. **Dolejšek** et Mlle E. **Filčáková**, présentée par M. M. de Broglie.

En utilisant un tube ionique décrit par l'un de nous et MM. Kunzl [2] et Dràb dans une Note précédente [3], nous avons étudié son efficacité pour obtenir les spectres X de longueur d'onde moyenne.

Pour pouvoir comparer les résultats de notre tube ionique avec ceux obtenus avec un tube normal à filament incandescent, nous avons étudié la série M de l'élément Ta (n° at. 73), voisin du tungstène (n° at. 74), c'est-à-dire un élément aisément mesurable à l'aide des tubes à filament incandescent.

Avec notre tube ionique à cathode d'aluminium, nous n'avons pas trouvé, dans cette région, la moindre ligne d'impureté. Pour vérifier cette circonstance nous avons exclu tout emploi d'un élément auxiliaire destiné à rendre les mesures relatives plus précises.

Au contraire, nous avons mesuré nos lignes nouvelles de Ta par rapport aux lignes de Ta déjà mesurées. Les valeurs de ces dernières lignes sont empruntées aux mesures de Lindberg [4].

Pour le tantale, nous avons trouvé les trois mêmes lignes que Lindberg, de son côté, avait trouvé pour le tungstène et qui, pour Ta, n'ont pas été constatées jusqu'à présent. Ce sont les lignes $M_{I}N_{III}$, $M_{III}O_{I}$ et $M_{IV}N_{III}$. La première de ces lignes, désignée par M. Lindberg par $M_{I}N_{II,III}$, n'est désignée par nous que par $M_{I}N_{III}$, parce que la différence entre ces deux lignes est assez grande pour qu'elles puissent être distinguées. Il est probable que la ligne $M_{I}N_{II}$ n'est pas trouvée pour les éléments plus lourds, parce qu'elle coïncide avec la ligne $M_{II}N_{IV}$ de ces éléments. Pour Ta nous avons trouvé dans le voisinage de la ligne $M_{II}N_{IV}$ une trace d'une ligne de longueur d'onde 5520 qui pourrait peut-être correspondre à cette transition.

Voici les valeurs mesurées :

---

(1) Séance du 16 janvier 1933.

(2) *Zeits. f. Phys.*, 74, 1932, p. 565.

(3) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 334.

(4) Lindberg, *Zeits. f. Phys.*, 50, 1928, p. 82 (voir aussi M. Siegbahn, *Spectroskopie der Roentgenstrahlen*, 1931, p. 264).

	Longueur d'onde.	ν/R mesuré.	ν/R calculé.
$M_I N_{III}$	5385 X	169,2	169,7
$M_{III} O_I$	5820 X	156,5	156,5
$M_{IV} N_{III}$	8875 X	102,7	102,3

Pour Ta et même pour Tu on pourrait s'attendre à une transition $M_{III} O_{IV,V}$, correspondant à la valeur énergétique de la ligne, que nous avons constatée pour la longueur d'onde 5660. Cette ligne correspond à la valeur $\nu/R = 161,0$; la valeur calculée pour cette transition étant $\nu/R = 162,0$. Mais cette ligne n'a pas été mesurée jusqu'à présent ni pour W ni pour les éléments plus lourds et nous ne la donnons pas comme sûre.

La transition $M_V O_{III}$, mesurée seulement pour les éléments plus lourds que le platine, n'a été constatée ni pour W ni pour Ta. Mais nos expériences montrent que, pour Ta, dans le voisinage de la ligne principale $M\alpha$ il y a certainement, du côté des longueurs d'onde plus longues, une autre ligne qui correspond à la transition $M^V O_{III}$.

Ligne.	Longueur d'onde.	ν/R (mesuré).
$M_V O_{III}$	7280 X	125,2

Pour le tungstène nous avons trouvé

$M_V O_{III}$	6990 X	–

correspondant à $\nu/R = 130,0$ ($\nu/R_{calc.} = 130,0$).

On peut dire que le tube ionique donne pour Ta non seulement toutes les lignes mesurées pour W, mais aussi avec sûreté une nouvelle ligne $M_V O_{III}$ de Ta et W.

Les résultats de notre travail sur la série M de Ta montrent donc que notre tube ionique offre (pour la tension de 3400 volts) une source de rayonnement très efficace pour les rayons X de ce domaine.

PHOTOGRAMMÉTRIE. — *Sur un procédé purement photographique de restitution des plans topographiques.* Note de M. **Robert Ferber**, présentée par M. d'Ocagne.

On sait qu'il existe divers appareils de restitution par voie purement optique et mécanique de photographies prises de plusieurs points de vue

permettant la construction, en grande partie automatique, de plans avec leurs courbes de niveau. Toutes ces machines, sans exception, effectuent le tracé de la planimétrie au trait, l'opérateur suivant avec un index les différents détails du sol vus sur la photographie, tandis qu'un dispositif traceur les reporte sur le plan.

Ainsi fonctionne l'appareil imaginé par nous-même, aujourd'hui connu sous le nom de photorestituteur Gallus-Ferber.

Dès 1927, comme le constatent divers documents à l'appui d'une demande de brevet, nous avons eu l'idée d'adapter à cet appareil un dispositif permettant d'obtenir, sous forme d'une photographie, la projection orthogonale rigoureuse du terrain sur un plan horizontal, quelles que soient les dénivellations du sol et l'obliquité des photographies originales. A cette époque, ce plan photographique n'était considéré que comme une fourniture accessoire de l'appareil.

Quatre ans plus tard seulement, pour répondre à un desideratum du Directeur des Services cartographiques du Ministère de l'Air, M. Roussilhe, qui préconisait depuis longtemps l'emploi avantageux de minutes photographiques, pour la rédaction des plans, nous avons été amené à réaliser définitivement notre invention de 1927, dont voici la description succincte :

Le porte-écran de l'appareil Gallus-Ferber peut se mouvoir dans son plan grâce à un système de deux chariots perpendiculaires. On astreint ces deux chariots à avoir des déplacements à vitesses uniformes et proportionnelles au moyen d'un système de vis actionnées par un moteur électrique. De cette manière, le centre de l'écran peut recevoir, dans un plan horizontal, un mouvement linéaire dans une direction quelconque. Après que cet écran a permis de déterminer l'altimétrie comme dans le modèle primitif de l'appareil, on lui substitue une fente étroite se déplaçant contre une surface plane, sur laquelle est disposé un support, recouvert d'une émulsion photographique.

On fait décrire à la fente une succession de trajectoires rectilignes parallèles espacées de la largeur exacte de la fente elle-même, de façon à découvrir successivement et une fois seulement tous les points de la couche sensible.

Pendant ces déplacements on fait mouvoir les chambres verticalement, afin que, compte tenu de la réduction à l'échelle, elles se trouvent constamment à la hauteur correspondant à celle qu'elles occupaient dans l'espace, relativement aux détails du sol apparaissant dans la fente.

Selon l'orientation de la pente du terrain relativement au sens de dépla-

cement de la fente, la projection orthogonale peut ne pas être réalisée rigoureusement sur toute la largeur des bandes impressionnées. On a pallié à cet inconvénient par un dispositif mécanique d'un intérêt capital qui consiste, pendant le déplacement, à faire tourner la fente autour de son centre et dans son plan, de manière à la rendre en tous les points de son parcours tangente aux courbes de niveau rencontrées.

Ce procédé donne donc séparément la planimétrie sous la forme d'une photographie qui est une vue en plan rigoureuse du sol, et l'altimétrie qu'il est facile de reporter sur la photographie par un procédé quelconque.

A l'expérience ce procédé s'est révélé comme possédant une rapidité qui a très notablement dépassé tout ce qu'on pouvait espérer. La mise en place des clichés dans la machine, la production du plan photographique et l'obtention de l'altimétrie par des profils distants à l'échelle de 14^{mm}, d'une surface de plan de 900^{cm^2}, a duré deux heures. On arrive donc à un tracé mécanique de 450^{cm^2} à l'heure, alors que l'appareil Gallus-Ferber primitif fournissait des tracés de 100^{cm^2} à l'heure.

La précision planimétrique ne dépend plus que de celle des parties optiques et mécaniques de l'appareil. Les erreurs dues à celles-ci avaient été précédemment reconnues pour négligeables; seules intervenaient, comme du reste dans la plupart des bons appareils de restitution, les erreurs de tracé de l'opérateur. Ce sont celles-ci qui se trouvent maintenant éliminées.

L'établissement des courbes de niveau, en partant de profils très serrés, s'est révélé beaucoup plus rapide et tout aussi correct que leur filage continu.

INFRAROUGE. — *Spectres de vibrations et structure des molécules des alcools méthylique et éthylique.* Note de M. **R. Titéica**, présentée par M. Jean Perrin.

Les spectres de vibrations des molécules polyatomiques peuvent servir à déterminer leur structure, lorsqu'elles présentent certains caractères de symétrie. Dans ce qui suit, il sera question des deux premiers alcools de la série grasse. Ces substances étant associées à l'état liquide, nous avons mesuré leurs spectres infrarouges sur la vapeur à basse pression. Les tableaux I et II contiennent, en plus des bandes ainsi obtenues, les mesures

infrarouges de Lecomte [1] et Sappenfield [2], ainsi que les données Raman, toutes obtenues sur le liquide. Les deux dernières colonnes de ces tableaux donnent les origines probables des différentes bandes, ainsi que les fréquences calculées.

Si l'on admet, pour l'alcool méthylique, la structure symétrique, l'atome d'hydrogène se trouvant donc sur l'axe C — O, cette molécule possédera huit fréquences fondamentales, quatre étant simples et quatre doubles. Ces huit fondamentales sont notées respectivement ν_1, . . ., ν_8 dans le tableau I.

TABLEAU I.

$\lambda\mu$.	ν cm^{-1}.	Ef. R.	L.	S.	Bande.	Fréq. calc.
14,70	680	–	–	–	ν_1	680
12,90	775	–	–	–	$\nu_4 - \nu_1$	782
12,10	826	–	–	–	$\nu_6 - 2\nu_2$	847
11,15	896	–	–	–	$\nu_7 - 2\nu_2$	912
9,80	1020	1034	1020	–	ν_2	1034
7,36	1358	1362	–	–	ν_3	1362
6,77	1477	1462	1433	–	ν_4	1462
–	–	–	1634	–	$\nu_7 - \nu_3$	1618
5,80	1724	–	–	–	$\nu_1 + \nu_2$	1700
5,62	1779	–	–	–	$\nu_5 - \nu_2$	1801
5,35	1869	–	–	–	$\nu_6 - \nu_2$	1881
5,10	1960	–	–	–	$\nu_7 - \nu_2$	1946
–	–	–	2020	–	$3\nu_1$	2040
4,80	2083	–	–	–	$2\nu_2$	2068
–	–	–	2150	–	$\nu_1 + \nu_4$; $\nu_5 - \nu_1$	2142 ; 2155
4,50	2222	–	–	–	$\nu_6 - \nu_1$	2235
4,10	2439	–	–	–	$\nu_2 + \nu_3$	2396
–	–	2835	2857	–	ν_5	2835
–	–	2915	–	–	ν_6	2915
3,30	3030	2980	3077	–	ν_7	2980
–	–	3390	3247	–	ν_8	3390
–	–	–	–	4339	$3\nu_4$; $\nu_2 + \nu_7$	4387 ; 4342
–	–	–	–	4835	$\nu_2 + \nu_8$	4752
–	–	–	–	5858	$4\nu_4$	5849
–	–	–	–	6347	$\nu_6 + \nu_8$; $\nu_7 + \nu_8$	6305 ; 6370
–	–	–	–	8382	$3\nu_5$	8505
–	–	–	–	9708	$\nu_6 + 2\nu_8$	9695
–	–	–	–	10917	$3\nu_8$	10170

(1) LECOMTE, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 825.
(2) SAPPENFIELD, *Phys. Rev.*, 33, 1929, p. 37.

Si l'on suppose que, dans le groupement CH^3, la distance C — H garde la valeur qu'elle a pour le méthane, donc 1,08 Å, on calcule successivement, à l'aide des fréquences fondamentales observées, les constantes moléculaires suivantes : C — O = 1,46 Å ; O — H = 0,96 Å, angle entre deux liaisons C — H = 106°, toutes en très bon accord avec les résultats obtenus par la méthode de la diffraction des électrons (Wierl, *Ann. Phys.*, 13, 1932, p. 453).

La structure de la molécule d'alcool éthylique est plus compliquée. En première approximation, on peut la considérer comme triangulaire, symétrique, ce qui revient à prendre pour les deux radicaux CH^3 et OH, la masse commune moyenne 16. On déduit alors C — O = C — C = 1,53 Å et pour l'angle entre ces deux liaisons on obtient la valeur 108° 16′, en très bon accord avec la valeur de l'angle du tétraèdre que laisse prévoir la chimie.

Tableau II.

λμ.	ν cm^{-1}.	Ef. R.	L.	S.	Bande.	Fréq. calc
–	–	426	–	–	ν_3	426
14,70	680	–	–	–	ν''_1	680
13,00	769	–	–	–	$\nu'_1 - \nu''_1$	776
11,90	840	–	–	–	$2\nu_3$	852
11,30	884	883	877	–	ν_1	883
9,60	1041	1046	1041	–	ν_2	1046
7,86	1272	1273	–	–	$\nu_1 + \nu_3$	1309
7,17	1394	–	1360	–	$2\nu''_1$; $\nu'_3 - \nu'_1$	1360 ; 1367
6,90	1449	1456	–	–	ν'_1	1456
5,32	1879	–	–	–	$2\nu_1$	1766
4,70	2127	–	–	–	$2\nu_2$	2092
–	–	2637	–	–	$3\nu_1$	2649
–	–	2823	–	–	ν'_3	2823
–	–	2876	–	–	$2\nu'_1$	2912
3,40	2941	2928	2941	–	ν'_2	2928
–	–	2974	–	–	ν'_4	2974
–	–	–	–	4281	$3\nu'_1$	4368
2,10	4762	–	–	4792	$2\nu_1 + \nu'_2$	4694
–	–	–	–	5133	$2\nu_2 + \nu'_2$	5020
–	–	–	–	5844	$2\nu'_2$	5856
–	–	–	–	6342	$3\nu_2 + \nu'_2$	6066
–	–	–	–	6536	$\nu_1 + 2\nu'_2$	6739
–	–	–	–	8403	$3\nu'_2$	8784
–	–	–	–	9394	$4\nu_1 + 2\nu'_2$	9388
–	–	–	–	9784	$\nu_1 + 3\nu'_2$	9667
–	–	–	–	10649	$5\nu_1 + 2\nu'_2$	10271
–	–	–	–	10989	$6\nu_1 + 2\nu'_2$	11154
–	–	–	–	11287	$4\nu'_2$	11712

Quelques-unes des fréquences fondamentales ne paraissent pas dans ce dernier tableau, la dispersion employée étant trop faible pour séparer des bandes peu distantes entre elles (cas des fréquences dues aux CH^2 et CH^3).

OPTIQUE. — *Étude du pléochroïsme du spath d'Islande dans le spectre infrarouge.* Note de M. **P. Le Roux**, présentée par M. A. Cotton.

Ce travail fait suite à une série de recherches que j'ai entreprises sur l'absorption et le pléochroïsme dans les cristaux (¹). Les mesures effectuées, dans le spectre visible et le début du spectre ultraviolet, avec des lames de tourmaline taillées parallèlement et perpendiculairement à l'axe optique, ont montré que l'absorption, lorsqu'elle cesse d'être petite, dépend de la direction de propagation de la lumière. En utilisant des lames de dialogite, j'ai obtenu des résultats analogues; malheureusement il ne m'a pas été possible de faire des vérifications avec d'autres cristaux par suite de l'impossibilité de trouver des échantillons utilisables pour des recherches de ce genre. C'est pourquoi j'ai pensé à poursuivre les mêmes recherches avec le spath d'Islande qui est très pléochroïque et possède de fortes bandes d'absorption dans le spectre infrarouge (²).

J'utilise pour mes recherches un spectrographe pour l'infrarouge, à miroirs et à prisme de sel gemme. La lumière est polarisée par réflexion sur un miroir de sélénium et la polarisation peut être contrôlée au cours même des mesures. Comme source, j'emploie un filament de Nernst alimenté par une intensité de 0,8 ampère, fournie par une batterie d'accumulateurs.

Le récepteur est une pile thermo-électrique, formée de couples très minces manganine-constantan, groupés sur une surface circulaire de 6^{mm} de diamètre et associés à un galvanomètre sensible. L'étalonnage du spectrographe, en longueurs d'onde, a été fait en utilisant les bandes d'absorption du gypse et l'indice du sel gemme pour un certain nombre de radiations dans la région considérée. La lame cristalline à étudier est placée devant la fente d'entrée du spectrographe, normalement à la direction du faisceau incident, sur une monture permettant de la faire tourner dans son

(¹) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1456; 187, 1928, p. 338; 188, 1929, p. 904; 189, 1929, p. 162; *Journal de Physique*, 9, 1928, p. 142-152 et 365-376.

(²) Un Mémoire détaillé sera publié ultérieurement.

plan. On mesure la déviation du galvanomètre avant et après l'interposition de la lame sur le faisceau. On peut de cette façon déterminer, d'une part, le coefficient d'absorption ordinaire K_0 correspondant à une direction de propagation parallèle à l'axe, en utilisant les lames taillées perpendiculairement à l'axe, et, d'autre part, le coefficient d'absorption K'_0 correspondant à une direction de propagation perpendiculaire à l'axe, en cherchant le maximum de l'absorption obtenue avec les lames taillées parallèlement à l'axe. J'ai tenu compte du pouvoir réflecteur R, dans le calcul des coefficients d'absorption, en utilisant la formule classique $R = (n - 1/n + 1)^2$.

Les mesures ont porté sur quatre lames de spath, provenant d'un même cristal; deux de ces lames étaient taillées parallèlement à l'axe, les deux autres perpendiculairement, les épaisseurs étaient très voisines de $0^{cm},1$. La comparaison entre les deux valeurs K_0 et K'_0 du coefficient d'absorption ordinaire a été faite entre $2^{\mu},2$ et $4^{\mu},4$ environ (1). Les mesures ont été très nombreuses, surtout au voisinage des maximums d'absorption à $3^{\mu},4$ et 4^{μ}. Dans ces régions, la courbe d'absorption, à droite et à gauche des maximums, est presque verticale, et pour éviter qu'une petite incertitude sur la longueur d'onde soit gênante pour la comparaison, les mesures ont été faites successivement avec les diverses lames sans changer le réglage du spectrographe et cela pour les diverses longueurs d'onde examinées.

Les valeurs trouvées pour K_0, dans la région du spectre considérée, sont comprises entre 0,6 et 30,7; dans la même région K'_0 varie de 0,7 à 34,8. La comparaison des résultats montre que toutes les valeurs de K'_0 sont un peu plus grandes que les valeurs correspondantes de K_0 pour les mêmes longueurs d'onde. Les différences observées sont comprises entre 0,1 et 4,8 environ et dans l'ensemble la différence augmente à mesure que l'absorption augmente. On peut donc en conclure que pour les échantillons de spath étudiés, dans la région du spectre infrarouge entre $2,2\mu$ et $4,4\mu$:

1° Dès que l'absorption est un peu grande, il est impossible d'admettre qu'elle est indépendante de la direction de propagation de la lumière;

2° Le coefficient d'absorption ordinaire est plus petit pour la lumière se propageant dans la direction de l'axe que pour la lumière se propageant perpendiculairement à l'axe. Il faut remarquer d'ailleurs que les différences observées dans le cas du spath, entre K'_0 et K_0 pour la région étudiée du

(1) Au-dessous de $2^{\mu},2$, l'absorption est très petite, et l'on a toujours aux erreurs d'expérience près, $K_0 = K'_0$.

spectre, sont en général plus faibles que celles qui avaient été trouvées pour la tourmaline dans le spectre visible et le début du spectre ultraviolet. Ceci résulte probablement de ce que la coloration de la tourmaline est due à une impureté et que, dans ce cas, le phénomène est encore plus compliqué, comme je l'ai déjà signalé.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Sur l'action d'un faisceau de lumière périodique sur des lames métalliques.* Note de M. **Q. Majorana**, présentée par M. A. Cotton.

Des recherches nouvelles sur l'action de la lumière sur les lames métalliques minces m'ont permis dans certains cas de confirmer les résultats que j'ai publiés précédemment ; mais dans d'autres cas elles ne sont pas complètement en accord avec eux.

Parmi les confirmations, j'indiquerai que j'ai pu expérimenter avec une fréquence d'interruption du rayon lumineux de 16 000 périodes par seconde, tout en continuant à entendre le son au téléphone, ou en mesurant le courant périodique correspondant.

Les conclusions de ma dernière Note étaient principalement fondées sur la mesure de la différence de phase φ entre les variations périodiques de la résistance de la lame et celles de la lumière. On procédait à cette mesure en employant un jet de mercure frappant sur une roue de cuivre à bord sinusoïdal. Or, j'ai eu l'occasion de relever quelque incertitude dans le fonctionnement de cet appareil. Je me suis décidé par suite à le remplacer par un compensateur formé par une cellule photoélectrique sur laquelle tombe un rayon de lumière interrompu périodiquement par le même disque à trous tournant, utilisé pour la lame métallique. On obtient ainsi un courant photoélectrique périodique, qu'on utilise pour compenser le courant pulsant qui traverse la lame métallique.

On procède à cette compensation pour les deux sens de rotations du disque. La moitié de l'angle compris entre les deux positions angulaires du compensateur donne la mesure de la différence de phase φ cherchée.

Dans ces dernières recherches, j'ai pu observer que φ est plus voisin de 45° que dans les premières déterminations. Ce résultat m'obligera peut-être à apporter quelque modification aux conclusions qui ont été exposées précédemment.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur les conditions d'émission des neutrons par action des particules α sur les éléments légers.* Note de Mme **Irène Curie** et M. **F. Joliot**, présentée par M. Jean Perrin.

Il est établi que le glucinium, le bore et le lithium émettent sous l'action des rayons α un rayonnement nouveau constitué de neutrons, corpuscules de masse 1 et de charge nulle. Nous précisons ici les relations entre cette émission et l'énergie des rayons α et nous établissons que le rayonnement pénétrant excité dans le fluor et l'aluminium (1) est en partie au moins composé de neutrons.

La méthode d'étude consiste à mesurer l'ionisation produite par le rayonnement dans une chambre remplie de méthane et reliée à un électromètre de Hoffmann. L'emploi de ce gaz a l'avantage d'augmenter beaucoup l'effet des neutrons (projection des noyaux d'hydrogène de CH^4) et de diminuer un peu l'effet des rayons γ qui accompagnent en général le rayonnement de neutron. La substance étudiée Be, B, Li est étendue sur une calotte sphérique de $7^{cm},9$ de rayon dont le centre est occupé par une source de polonium de 150 millicuries. On peut faire varier la pression du gaz entre la source et la substance de façon à irradier celle-ci par des rayons α de différentes énergies.

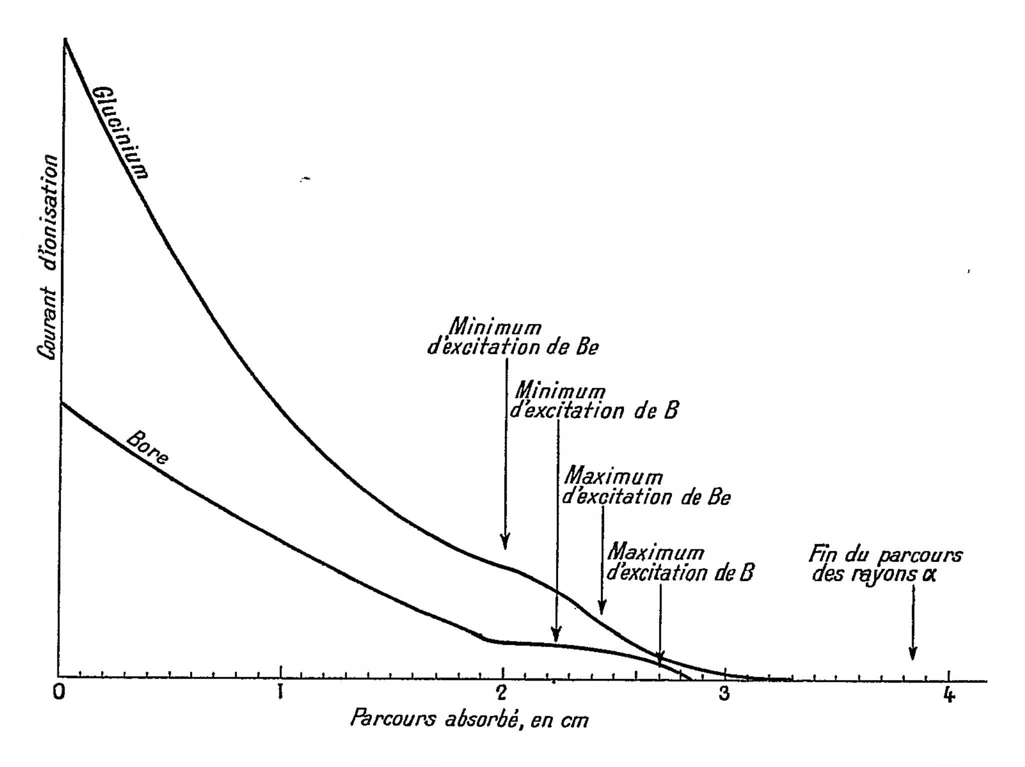
Excitation du rayonnement de Be *et* B. — Les courbes de la figure sont relatives à Be et B. Elles ont des formes très analogues. Pour Be l'excitation commence pour une énergie W_α des rayons α voisine de $1,3.10^6$eV. Pour B l'énergie minima est de 2.10^6eV. L'excitation $[dI/dp = f(p)$, I, ionisation ; p, parcours$]$ passe par un maximum lorsque $W_\alpha = 2,6.10^6$eV pour Be et $W\alpha = 2,2.10^6$eV pour B ; elle passe par un minimum lorsque $W_\alpha = 3,2.10^6$eV pour Be et $W_\alpha = 2,85.10^6$eV dans le cas de B. L'excitation augmente ensuite avec W_α dans les deux cas.

Le maximum d'excitation observé pour Be et B correspond très probablement à l'émission d'un groupe de neutrons monocinétiques due à la capture de la particule α qui a traversé la barrière de potentiel par un phénomène de résonance.

La courbe relative à Be est conforme à celle obtenue par Rasetti (2) au moyen d'un compteur paraffiné intérieurement. D'autre part la courbe

(1) W. Bothe et H. Becker, *Z. f. Phys.*, 66, 1930, p. 289.
(2) Rasetti, *Zeits. f. Phys.*, 78, 1932, p. 165.

obtenue par Becker et Bothe [1] pour l'excitation des rayons γ de Po + Be et Po + B montre que la limite d'excitation est sensiblement la même pour les rayons γ et les neutrons. Dans le cas Po + Be il existe un groupe de résonance γ correspondant à la même énergie des rayons α que le groupe de résonance des neutrons. Ceci montre que l'émission des rayons γ et celle des neutrons sont en relation étroite.



Excitation du rayonnement de Li. — Le courant produit par Li est très faible. Les expériences d'absorption comparée dans la paraffine et dans le plomb montrent que le rayonnement se compose de neutrons et de photons. L'excitation du rayonnement γ commence lorsque W_α atteint 3.10^6 eV. Pour des rayons α ayant une énergie de 400000 eV plus faible que celle des rayons α du polonium nous n'avons pu mettre en évidence de rayonnement de neutrons. Ceux-ci sont observables avec certitude lorsque les rayons α de Po ne sont pas ralentis. On peut donc dire que la limite d'excitation des neutrons de Li est voisine de 5.10^6 eV. Cette limite

(1) Becker et Bothe, *Zeits. f. Phys.*, 76, 1932, p. 421.

s'accorde avec celle que l'on déduit du bilan énergétique de la réaction nucléaire. $Li^7 + \alpha = B^{10} + n$ en posant $Li^7 = 7{,}011$ et $n = 1{,}0065$ (He = 4).

L'émission du rayonnement γ qui apparaît avant l'émission des neutrons pourrait s'interpréter par une transmutation sans capture de la particule α. Ce serait un type nouveau de transmutation.

Émission de neutrons par l'aluminium et le fluor. — L'aluminium irradié par les rayons α de Po émet un rayonnement peu pénétrant, absorbé en majeure partie dans 5^{mm} de plomb. $1^g/cm^2$ de paraffine absorbe beaucoup plus ce rayonnement que $1^g/cm^2$ de plomb, ce qui montre qu'il est certainement composé en majeure partie de neutrons. Malgré la faible précision des mesures on peut dire que l'énergie minima W_α d'excitation est voisine de 5.10^6 eV.

Pour l'étude du fluor, la substance irradiée est du CaF^2. Nous avons vérifié que Ca produit un effet négligeable; le rayonnement que l'on observe doit être attribué au fluor. Ce rayonnement est très pénétrant; l'interposition de 5^{cm} de Pb ne produit pas de diminution sensible du courant d'ionisation, par contre l'absorption dans $6^{cm},5$ de paraffine est très appréciable, ce qui montre que ce rayonnement est composé de neutrons.

On sait que les noyaux Al^{27} et F^{19} sont capables d'émettre des protons par transmutation sous l'action des rayons α du polonium. *Ces noyaux peuvent donc subir deux modes de transmutation différents, l'un avec émission de protons, l'autre avec émission de neutrons (à moins que proton et neutron soient émis ensemble).* Un tel cas n'a pas encore été observé car pour le bore l'émission des neutrons est attribuée à B^{11} et celle des protons à B^{10}.

EFFET RAMAN ET CHIMIE. — *Étude de quelques oxydes d'éthylènes α.*

Note de M. R. **Lespieau** et Mlle B. **Gredy**, présentée par M. Matignon.

Bien que l'effet Raman soit en relation avec une vibration d'ensemble de la molécule chimique, l'étude de différents corps contenant des fonctions éthyléniques (¹), acétyléniques (²), cyclopropaniques (³), etc. a montré que les spectres des corps possédant une même fonction ont souvent une ou plusieurs raies dont les fréquences sont sensiblement les mêmes pour tous

(¹) Lespieau et Bourguel, *Bull. Soc. ch.*, 47, 1930, p. 1365.
(²) Bourguel et Daure, *Bull. Soc. ch.*, 47, 1930, p. 1349.
(³) Lespieau, Bourguel et Wakeman, *Bull. Soc. ch.*, 51, 1932, p. 400.

les corps de la série. Les raies correspondantes peuvent donc caractériser dans une molécule la présence de cette fonction.

Les résultats obtenus dans l'étude des carbures cyclopropaniques ([1]) nous ont incités à étudier divers composés possédant la fonction oxyde d'éthylène α dont le noyau ressemble à celui du cyclopropane, et à chercher :

1° Si leurs spectres contiendraient des raies communes ou du moins pouvant être considérées comme d'origine commune;

2° Si nous pourrions, des données acquises, déduire les angles et les forces de liaisons des valences dans le groupement $\underset{\diagdown O \diagup}{C—C}$.

En ce qui concerne la première question, nous donnons ici un tableau de divers oxydes d'éthylènes α avec les raies les plus fortes de leurs spectres qui nous ont paru les plus intéressantes.

$CH^2—CH^2$ \/ O	808		869		1269
$CH^3—CH^2—CH—CH^2$ \/ O	834		905		1264
$CH^2OH—CH—CH^2$ \/ O	854		907		1260
$CH\equiv C—CH—CH^2$ \/ O	817		914		1246
$CH^2—CH—C\equiv C—CH—CH^2$ \/ \/ O O .	803		884		1244
$\frac{CH^3}{CH^3}\rangle C—CH^2$ \/ O	685	797 (moy.)		903	1268 (faible)
$CH^2Cl—CH—CH^2$ \/ O	726	762		848	1256
$CH^2Br—CH—CH^2$ \/ O	641	654	757	916	1256

([1]) *Loc. cit.*

Pour les cinq premiers corps nous avons trois raies fortes caractéristiques dont les fréquences varient un peu avec les diverses substitutions.

On remarquera pour les suivants :

1° que la présence d'un halogène sur un carbone voisin du noyau ne touche pas à la fréquence voisine de 1250, mais change tellement les deux autres fréquences qu'on a peine à les retrouver dans le spectre;

2° que si l'on fixe sur le noyau un groupement isopropyle, le spectre est tout à fait différent :

La raie forte 1256 est devenue faible et le doublet 815-915 est transformé en un triplet beaucoup étalé.

Un phénomène du même genre a déjà été observé pour le diméthylallène (1) dont le spectre est très différent des carbures alléniques normaux.

Finalement nous pouvons dire que la fréquence caractéristique du noyau oxyde d'éthylène α est la fréquence voisine de 1250 que l'on retrouve chez tous.

Cette fréquence se rapproche de celle qui a été trouvée pour le noyau cyclopropanique et qui est voisine de 1200 (2).

En ce qui concerne la deuxième question, nous avons essayé d'utiliser les formules données par Kohlrausch (3) en donnant à n_1 et n_3 successivement les valeurs 808 et 869, car n'étant pas outillés pour connaître leur degré de polarisation nous ne pouvions choisir (la fréquence 1269 étant attribuée à la vibration complètement symétrique n_2 à cause de son intensité). Dans les deux cas les forces de liaisons calculées se sont trouvées trop différentes de celles connues chez les liaisons analogues, pour être acceptées.

A notre demande M. Cabannes a étudié les raies correspondantes et il a trouvé qu'elles avaient sensiblement même intensité et même degré de polarisation, ce qui peut s'expliquer par la présence de deux vibrations d'origines différentes mais fort voisines et réagissant considérablement l'une sur l'autre. Ce sont les valeurs primitives qu'il faudrait connaître pour pouvoir effectuer le calcul.

---

(1) Bourguel, Piaux, *Bull. Soc. ch.*, 51, 1932, p. 1041.

(2) *Loc. cit.*

(3) *Der Smekal Raman Effekt*, p. 172, J. Springer, Berlin.

PHYSICO-CHIMIE. — *Points de congélation des mélanges binaires d'alcool éthylique et d'éther éthylique.* Note de M. **A. Lalande.**

Le point de congélation d'un mélange liquide de composition donnée est la température à laquelle ce mélange est en équilibre avec une ou plusieurs phases cristallines.

Faute sans doute d'une méthode satisfaisante, des résultats contradictoires (¹), (²) ont été obtenus jusqu'ici sur les solutions d'alcool et d'éther.

Dans une précédente Note (³), nous avons indiqué le principe d'une technique appropriée à ce genre de mesures. Nous l'avons appliquée au système alcool-éther, mais sans étudier la cristallisation de l'éther sous sa forme instable.

Détails opératoires. — Voici quelques compléments à la description sommaire que nous avions fournie (*loc. cit.*).

Nous nous sommes servi d'une éprouvette en verre pyrex de 200^{cm^3} environ. La partie plongeante de l'agitateur rotatif est en cuivre rouge, la tige en buis. La résistance de chauffage, qui vaut environ 40 ohms est un fil de « métal advance » nu, bobiné sur un support de verre et réparti aussi uniformément qu'il se peut dans le liquide. Elle est alimentée par une batterie de 14 volts.

Le thermomètre à résistance de platine a été étalonné au laboratoire cryogénique de Leyden et la valeur absolue de ses indications garantie avec une approximation de $0°,025$. Les mélanges sont réalisés par pesées de constituants purs (⁴). Pour gagner du temps, on détermine d'abord approximativement la température de congélation par une analyse thermique.

Pour cela, l'éprouvette contenant le mélange dûment agité est introduite dans un vase de Dewar profond et non argenté à demi plein d'air liquide. On soulève par instants le vase de Dewar de façon à faire plonger l'éprouvette dans l'air liquide jusqu'à provoquer la cristallisation. On maintient ensuite le fond de l'éprouvette à quelques millimètres au-dessus de la surface de l'air liquide et l'on trace la courbe de réchauffement. On note aussi la température à laquelle disparaissent les derniers cristaux. On obtient ainsi un ordre de grandeur de la température cherchée.

(¹) Desmaroux, *Mémorial des Poudres*, **23**, 1928, p. 198.
(²) Sapgir, *Bull. Soc. Chim. Belgique*, **38**, 1929, p. 392.
(³) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 1267.
(⁴) *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 406; **195**, 1932, p. 133.

On congèle alors à nouveau la solution et on l'introduit dans le cryostat préalablement réglé. La mesure se poursuit ensuite comme on l'a dit (*loc. cit.*).

Résultats. — Nous avons vérifié que nos déterminations, effectuées sans précautions spéciales avec un cryostat réglé à la main, étaient reproductibles à moins de 0,5 degré près.

Tableau [1].

Alcool pour 100			Alcool pour 100		
en poids.	en mol.	$t°$ C.	en poids.	en mol.	$t°$ C.
0	0	$-116,3_2$	49,23	60,94	$-123,0_9$
2,09	3,32	$-117,0_3$	55,44	66,67	$-124,3_7$
4,02	6,25	$-117,3_2$	57,85*	68,35*	$-125,0_5$*
7,43	11,43	$-117,7_5$	59,97	70,67	$-124,3_8$
13,55	20,14	$-118,3_2$	64,48	74,49	$-123,3_2$
16,53	24,16	$-118,6_4$	69,22	78,34	$-122,3_2$
22,13	31,37	$-119,2_0$	72,08	80,59	$-121,5_1$
25,18	35,12	$-119,3_7$	80,28	86,75	$-119,5_3$
31,32	42,31	$-120,0_2$	85,24	90,28	$-118,3_2$
32,81	43,99	$-120,3_0$	87,17	91,61	$-117,6_7$
39,29	51,00	$-121,3_2$	100	100	$-114,5_0$
45,94	57,75	$-122,4_8$			

Le tableau rassemble les résultats numériques. Si l'on construit la courbe correspondante, celle-ci se compose de deux branches. L'une correspond au dépôt d'alcool solide, l'autretrès probablement à une séparation d'éther pur. Il n'existe pas de complexe moléculaire stable jusqu'à son point de fusion.

Remarques. — Relativement rapides le long de la courbe de solidification de l'éther, les mesures sont plus lentes et plus délicates du côté de l'alcool. Les solutions riches en alcool sont en effet beaucoup plus visqueuses. Il faut cinq à dix fois plus longtemps pour qu'un équilibre s'y établisse. D'autre part les pentes des deux branches et les données calorifiques sont telles que la disparition des derniers cristaux d'éther se signale avec une

(1) L'astérisque indique les données relatives à l'eutectique.

sensibilité meilleure. Le rapport entre les variations de température provoquées avant et après la fusion par une quantité de chaleur donnée, de 1 : 4 pour telle concentration en alcool voisine de l'alcool pur, est de 1 : 9 pour la même concentration d'éther.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les lois de combustion des poudres colloïdales.* Note [1] de MM. **H. Muraour** et **G. Aunis.**

On a parfois admis que la vitesse de combustion des poudres colloïdales était proportionnelle non pas à la pression mais à la densité des gaz contenus dans la bombe. Les expériences suivantes montrent que cette hypothèse est erronée.

Une poudre du type sans dissolvant à 9 pour 100 de diéthyldiphénylurée, étirée en tubes de $2^{mm},56$ d'épaisseur, a été tirée à différentes densités de chargement :

1° Dans une bombe de 150^{cm^3} :

$$\text{Rapport } \frac{\text{S (surface de refroidissement)}}{\text{V (volume de la bombe)}} = 1,41;$$

2° Dans la même bombe contenant une spirale de refroidissement en acier :

$$\text{Rapport } \frac{S}{V} = 5,15.$$

Les expériences ont été exécutées avec une forte amorce de poudre noire de façon à obtenir, dès le début de la combustion, un léger écrasement du crusher.

Voici pour ces différentes expériences les valeurs : de la densité de chargement : Δ; de la pression maximum, table piston libre : P_{max}; de $\int p\,dt$ en kg/cm²/sec; de la durée totale de la combustion en millisecondes : t.

---

(1) Séance du 16 janvier 1933.

Expériences dans la bombe de 150$^{cm^3}$.

Δ.	P_{max}.	$\int p\,dt$.	t.
0,2029............	2356	22,2	23
0,1100............	1120	21,9	37
0,0650............	554	18,8	64
0,0500............	399	17,5	84
0,0380............	275	16,0	104
0,0270............	177	13,8	117
0,0210............	138	11,8	144

Expériences dans la bombe de 150$^{cm^3}$ + *spirale de refroidissement.*

Δ.	P_{max}.	$\int p\,dt$.	t.
0,1300............	1097	21,5	37
0,1100............	866	19,3	42
0,0850............	551	18,6	67
0,0680............	386	16,0	95
0,0650............	367	16,9	79
0,0580............	333	17,6	102
0,0540............	284	16,7	105
0,0500............	234	13,5	112
0,0380............	162	13,8	120

Si la vitesse de combustion était proportionnelle à la densité des gaz, à une même densité de chargement (même densité gazeuse) devrait correspondre une même valeur de la durée totale de combustion, mais il n'en est rien :

	Expériences sans spirale.		Expériences avec spirale.	
Δ.	$\int p\,dt$.	t.	$\int p\,dt$.	t.
0,110..................	21,9	37	19,3	42
0,065..................	18,8	64	16,9	79
0,038..................	16,0	104	13,8	120

Tout au contraire et comme on en pourra juger en portant sur un graphique en abscisses les durées totales de combustion, en ordonnées les

différentes valeurs de $\int p\,dt$, les points expérimentaux obtenus, soit dans les expériences sans spirale, soit dans les expériences avec spirale, se placent sur une même droite.

Ainsi, à une même valeur de la durée totale de combustion correspond toujours une même valeur de $\int p\,dt$ quelle que soit la densité des gaz. Conformément à nos précédentes conclusions tout se passe donc comme si, à l'apport d'énergie par chocs moléculaires (vitesse de combustion proportionnelle à la pression), venait se superposer un apport d'énergie proportionnel au temps et indépendant de la pression (effet de pseudorayonnement).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Dissociation du sesquioxyde de fer cubique.* Note [1] de MM. **A. Girard** et **G. Chaudron**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Nous avions déjà signalé [2] que le sesquioxyde de fer cubique se dissocie vers 300°; nous nous sommes, cette fois, proposé de préciser les conditions de ce phénomène qui peut être représenté par l'équation réversible :

$$3\,Fe^2O^3 \text{ cubique} \rightleftharpoons 2\,Fe^3O^4 + 1/2\,O^2.$$

L'étude quantitative précise de cet équilibre se heurte principalement aux difficultés suivantes : l'oxyde cubique [3] se transforme rapidement en oxyde rhomboédrique dès que l'on arrive à une température où la tension de dissociation est appréciable; d'autre part, ces pressions d'exygène étant de l'ordre de $0^{mm},01$, elles sont toujours faussées par le dégagement des gaz adsorbés. Toutefois, en opérant avec un échantillon préparé à partir d'oxyde salin oxydé vers 300° et cristallisé en gros grains, on a pu observer qu'à la température de 400°, les réactions inverses se limitent autour d'une pression d'oxygène de $0^{mm},05$ de mercure.

L'étude de ce système, à une température plus haute ou plus basse, nous a paru impossible; nous avons donc étudié l'influence de la température de chauffage de l'oxyde cubique sur la quantité d'oxyde Fe^3O^4 formé, en opérant dans un vide constant compris entre 0,01 et $0^{mm},001$. Ce vide était maintenu au moyen d'une pompe à vapeur de mercure refoulant sur une pompe mécanique à grand débit. Le tableau suivant résume ces mesures.

---

(1) Séance du 30 janvier 1933.

(2) A. Girard et G. Chaudron, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1418.

(3) J. Huggett et G. Chaudron, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1617.

Modes de préparation de l'échantillon.	État cristallin.	Température de dissociation.	$\frac{\text{Fe ferreux}}{\text{Fe total}}$.	Fe^3O^4 (pour 100).
Oxydation de Fe^3O^4 à 220°.	Bien cristallisé	300°	0,02	6
		445	0,06	18
		600	traces	–
Déshydratation de la lépidocrocite artificielle....	microcristallin (raies floues sur le diagramme X)	445	0,077	23
		600	traces	–
Déshydratation de la rouille.	microcristallin (raies floues sur le diagramme X)	300	0,092	28
		445	0,18	54

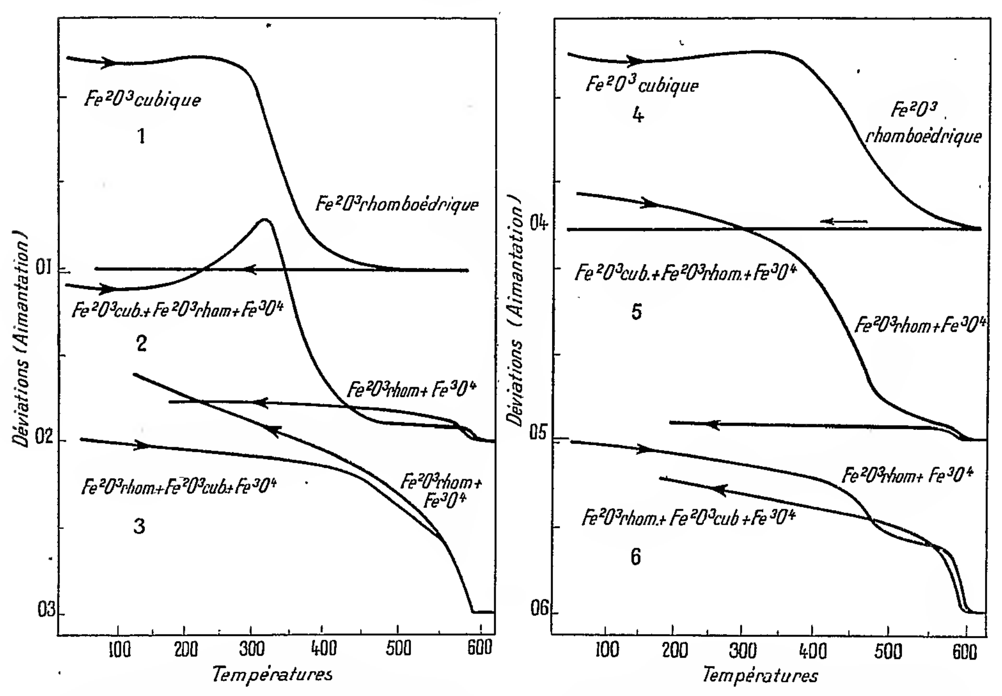


Fig. 1. — Courbe 1, analyse thermomagnétique à l'air de l'oxyde cubique préparé par oxydation à 235° de Fe^3O^4 obtenu à 350°; courbe 2, analyse thermomagnétique dans le vide de l'oxyde précédent dissocié à 300°; courbe 3, analyse thermomagoétique dans le vide de l'oxyde initial dissocié à 445°.

Fig. 2. — Courbe 4, analyse thermomagnétique à l'air de l'oxyde cubique préparé par oxydation à 220° de Fe^3O^4 obtenu à 500°; courbe 5, analyse thermomagnétique dans le vide de l'oxyde précédent dissocié à 300°; courbe 6, analyse thermomagnétique dans le vide de l'oxyde initial dissocié à 445°.

Remarque. — Sensibilité de l'appareil : une division d'une unité en ordonnée correspond à 10 mg de Fe^3O^4 pur.

On remarque que pour une même température, les quantités de fer ferreux dosées varient suivant les modes de préparation et il semble que la

finesse cristalline soit un facteur important du phénomène. L'analyse thermomagnétique (courbes des figures 1 et 2) confirme bien l'influence de la température, mais l'allure des courbes thermomagnétiques varie sensiblement d'un échantillon à un autre; on peut donc se demander si le phénomène de dissociation n'est pas compliqué par la formation de solutions solides entre les divers oxydes. Ces dernières ne peuvent pas, d'ailleurs, être importantes car elles ne sont signalées, ni par une variation appréciable du point de Curie de la magnétite, ni par un déplacement notable des raies du diagramme X des divers produits.

Dans les mélanges microcristallins d'oxydes de fer artificiels ou naturels, la méthode des rayons X est impuissante à déceler la présence de la variété cubique; l'essai de dissociation permet, comme nous le verrons dans un travail ultérieur, de l'identifier avec certitude.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la solubilité des cotons-poudres.* Note de M. **P. Demougin**, présentée par M. G. Urbain.

On sait que les cotons-poudres fortement nitrés, désignés sous le nom de CP_1, sont partiellement solubles dans le mélange alcool-éther, dit éther à 56° B., la fraction insoluble subissant seulement un gonflement sous l'action de ce solvant; les cotons-poudres moins nitrés, appelés CP_2, se comportent d'une manière analogue en présence de l'alcool à 95°. Le taux de soluble dépend de l'aspect physique du CP : il augmente si le coton-poudre, primitivement sous forme de fibres longues, est pilé finement, ou encore dissous dans un solvant complet (acétone pour le CP_1, acétone ou éther à 56° pour le CP_2) et reprécipité ensuite sous forme de poudre très fine.

Après avoir épuisé un coton-poudre (CP_1 ou CP_2) par un solvant de manière à en extraire le CP soluble, le résidu insoluble, qui a seulement gonflé, peut être dissous dans un solvant complet, puis reprécipité finement. Nous avons alors constaté que le précipité obtenu présentait à nouveau un taux de soluble notable dans le premier solvant. Après nouvel épuisement, puis dissolution du coton-poudre restant et reprécipitation, le taux de soluble du CP précipité est encore mesurable, mais il est plus faible. On peut ainsi, par des extractions et des précipitations successives, retirer d'un coton-poudre une quantité totale de nitrocellulose soluble très supérieure au taux de soluble mesuré directement, de l'ordre du triple par

exemple pour un CP en fibres non pilées. La quantité totale de nitrocellulose soluble qui peut ainsi être extraite ne dépend pas, comme le taux de soluble mesuré directement, de l'aspect physique du coton-poudre (fibres longues, ou pilées plus ou moins finement).

On peut interpréter ces résultats en admettant que, lorsqu'on traite un coton-poudre par un solvant dans lequel il est partiellement soluble, toute la nitrocellulose soluble contenue dans le coton-poudre ne passe pas en solution, mais seulement la fraction qui est à la surface des particules (fibres, grains de précipité). Par suite, le taux de soluble mesuré directement sur un coton-poudre dépend du développement de la surface, c'est-à-dire qu'il varie suivant que le coton-poudre est en floches, pilé ou précipité plus ou moins finement. La nitrocellulose insoluble restant à la surface des particules, et qui est d'ailleurs de taux d'azote plus élevé que la partie soluble, se comporte comme une paroi semi-perméable ne se laissant pas traverser par le reste de la nitrocellulose soluble située à l'intérieur des particules; celles-ci gonflent alors sous l'effet de la pression osmotique. Si l'on dissout ensuite le coton-poudre dans un solvant complet, puis qu'on l'en reprécipite, on renouvelle sa surface extérieure et il s'y trouvera à nouveau une fraction de nitrocellulose soluble que l'on pourra extraire.

Ceci permet d'expliquer également l'allure de la variation de la solubilité d'un coton-poudre en fonction du taux d'azote. Quand le taux d'azote baisse, le taux de soluble augmente régulièrement jusqu'à une valeur de l'ordre de 30 pour 100, qui correspond en réalité à une quantité totale de nitrocellulose soluble beaucoup plus grande, 60 à 70 pour 100 par exemple. Pour un taux d'azote un peu plus faible, la quantité de nitrocellulose soluble augmente encore un peu plus; la résistance de la surface de la particule à la pression osmotique peut alors devenir insuffisante et toute la nitrocellulose soluble passe en solution. Une faible variation de taux d'azote fait ainsi passer le taux de soluble apparent de 30 pour 100 à 80 pour 100 par exemple.

L'expérience suivante illustre bien cette manière de voir : par évaporation d'une solution acétonique de trinitrocellulose additionnée de CP_2, on forme une pellicule dans laquelle on enferme ensuite une petite quantité de trinitrocellulose ou de CP_2. En mettant dans de l'éther à 56° les particules ainsi constituées, on constate que seul le CP_2 de l'enveloppe se dissout, mais, tandis que les particules contenant de la trinitrocellulose, insoluble dans l'éther à 56°, gardent leurs dimensions primitives, celles contenant du CP_2 à leur intérieur gonflent sous l'effet de la pression osmotique. Si la

proportion de CP_2 dans la solution acétonique est trop forte, la pellicule de trinitrocellulose restante n'est plus assez résistante; elle se rompt après avoir gonflé et tout le CP_2 contenu à l'intérieur se dissout dans l'éther à 56°.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Antipodes optiques et vitesses de cristallisation. Non-existence de racémiques à l'état liquide.* Note de M. G. **Rumeau**, présentée par M. Ch. Fabry.

I. Pour comparer les vitesses de cristallisation (v. d. c.) de deux antipodes optiques en surfusion, je me suis adressé aux éthers diméthyliques (forme α_1) des acides tartriques [1]. Je n'ai pas pu arriver à obtenir des résultats identiques pour les deux antipodes; des difficultés se présentent, en effet, pour l'obtention de ces antipodes à l'état pur, des traces de corps étrangers diminuant considérablement la v. d. c. J'ai étudié de façon systématique l'*influence d'impuretés connues*.

J'avais signalé à 28° pour le tartrate diméthylique droit une v. d. c. de 3,20 mm-min; Gróh [2] avait trouvé une v. d. c. de 3,48 mm-min. Après plusieurs cristallisations dans la benzine et dans l'alcool méthylique et une distillation à 142° sous une pression de $4^{mm},6$, j'ai obtenu un produit ayant une v. d. c. de 3,95 mm-min. Ce produit plus pur que ceux mentionnés précédemment se conserve bien en flaçons soigneusement bouchés. Ses v. d. c. à 33° pour les formes α_1 et β sont respectivement de 1,05 et 0,35 mm-min.

J'ai mélangé à cet éther des quantités connues de corps étrangers déterminés; voici à titre indicatif les vitesses respectives trouvées à 28° pour des mélanges contenant 0,5, 1 et 2 pour 100 des corps suivants : eau, tartrate gauche diméthylique; tartrate diméthylique inactif par nature, oxalate diméthylique; citrate triméthylique; *d*-camphre, α-sulfonate de méthyle :

0,5 pour 100	3,25	3,20	3,15	3,52	3,15	2,80
1 pour 100	2,60	2,72	2,65	3,30	2,60	2,20
2 pour 100	1,40	2,12	1,94	2,96	1,96	1,60

En particulier, l'influence de l'eau et celle du tartrate gauche expliquent

(1) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1085; *Journal de Physique*, 1, 1932, p. 10 S.

(2) *Berichte, d. chem. Ges.*, 45, 1912, p. 1441.

les difficultés d'obtenir des tartrates purs; l'action de la chaleur peut en effet, en cours de préparation, entraîner des racémisations légères.

De plus, ces tartrates diméthyliques sont *très hygroscopiques;* abandonnés dans une atmosphère saturée de vapeur d'eau, ils absorbent l'eau plus ou moins vite, suivant la température et l'état de division des cristaux; ceux-ci disparaissent pour un poids d'eau absorbé représentant environ 40 pour 100 du poids du tartrate initial (opération faite sur verre de montre, sans agitation). A 24°, ces cristaux peuvent absorber 25 pour 100 de leur poids d'eau en deux jours, 400 pour 100 en un mois. Cette eau absorbée provoque une hydrolyse partielle, laquelle peut atteindre 10 pour 100 en deux mois (en admettant l'hydrolyse simultanée des deux fonctions éther-sel). J'ai vérifié que l'acide tartrique droit a une hygroscopicité comparable à celle de son éther diméthylique.

Malgré ces diverses causes d'altération des tartrates diméthyliques étudiés, on peut avec quelques précautions obtenir *sur un même échantillon* des v.d.c. fidèles à 2 ou 3 pour 100 près pendant plusieurs mois.

II. J'ai songé à introduire des quantités connues de deux antipodes optiques dans un troisième corps A dont je mesure la v.d.c. et à comparer leur influence sur cette vitesse; les impuretés éventuelles des antipodes utilisés ayant vraisemblablement un effet du deuxième ordre ne doivent pas altérer sensiblement les résultats expérimentaux.

Le corps A est du citrate triméthylique surfondu à la température de 33°,7; l'échantillon de citrate utilisé a une v.d.c. de 10,60 mm-min. Je me suis assuré d'abord qu'à concentration égale, la diminution de v.d.c. varie beaucoup avec la nature du corps étranger introduit; pour 8 ou 20^{g} de corps étranger dissous dans 100^{g} de citrate, j'ai obtenu respectivement :

Tartrate diméthylique	6,60	4,10
Oxalate diméthylique	8,95	7,25
Acide malique	5,50	pas de mesure

Dans ces conditions, les tartrates diméthyliques droit et gauche ont donné des nombres qui sont *identiques*, à la précision des mesures près :

p (°/₀)	8.	15.	20.
d-tartrate	6,60	5,05	4,10
e-tartrate	6,45	5	4

On peut donc conclure à une *même influence de deux antipodes optiques sur la vitesse de cristallisation.*

III. J'ai introduit comme corps étranger dans A du tartrate de méthyle racémique; les vitesses trouvées pour les concentrations 8,15 et 20 pour 100 sont respectivement : 6,65, 5 et 3,95. *L'effet du racémique est identique à celui des antipodes optiques;* on sait que le tartrate déméthylique racémique existe à l'état cristallisé avec des constantes physiques (fusion; v. d. c., etc.) très différentes de celles des corps actifs.

J'ai fait une deuxième vérification en introduisant dans A des acides maliques *l* et racémique à la concentration de 8 pour 100; les v. d. c. trouvées sont les mêmes : 5,48 et 5,57. *Je vois dans ces résultats une preuve expérimentale nouvelle de la non-existence des racémiques à l'état liquide.*

IV. Lorsque j'introduis une impureté connue dans un corps A, je mesure la v. d. c. le plus rapidement possible (10 minutes environ) après mélange; il arrive parfois que cette v. d. c. varie progressivement avec le temps, décelant ainsi une action chimique de cette impureté sur A. On dispose là d'un *criterium très sensible de l'existence d'une réaction chimique.*

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Relation entre l'absorption des rayons β par les composés organiques et la structure moléculaire de ces derniers.* Note de MM. **Georges Fournier** et **Marcel Guillot**, présentée par M. Urbain.

On peut calculer le coefficient massique d'absorption des rayons β du radium E dans un corps composé en supposant qu'il y a additivité pondérale des effets des constituants. Par exemple, pour un composé binaire de formule $X^m Y^n$ on aurait

$$\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{X^m Y^n} = \frac{m A_x \left(\frac{\mu}{\rho}\right)_x + n A_y \left(\frac{\mu}{\rho}\right)_y}{m A_x + n A_y},$$

A_x, A_y étant respectivement les masses atomiques des constituants, (μ/ρ) et $(\mu/\rho)_y$ leurs coefficients massiques d'absorption donnés par la formule

$$\frac{\mu}{\rho} = 15 + 0,142 Z$$

(Z, numéro atomique), mise en évidence par l'un de nous.

A ce coefficient calculé, nous comparons le coefficient massique observé expérimentalement, tel qu'on peut le déduire des courbes logarithmiques d'absorption. Nous avons déjà fait cette comparaison antérieurement pour

des composés inorganiques ([1]). Nous entreprenons aujourd'hui l'étude des composés organiques. Dans un cas comme dans l'autre, nous n'avons *jamais* obtenu de coefficient observé inférieur au coefficient calculé. En dehors du cas des halogénures alcalins, des chlorure et bromure d'argent, de l'oxyde de magnésium, etc., pour lesquels l'écart est négligeable, le coefficient observé est toujours égal au coefficient calculé *plus un écart positif* Δ.

Dans l'étude des composés organiques solides et liquides, nous nous sommes d'abord limités aux carbures d'hydrogène qui, présentant des compositions centésimales voisines, ont des coefficients calculés qui diffèrent à peine les uns des autres (15,73 à 15,81) tandis que les coefficients observés, au moins pour les corps que nous avons étudiés, varient de 16,77 à 18,06. Voici quelques-uns des résultats obtenus :

	$\Delta=\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{obs}-\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{calc}$.		$\Delta=\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{obs}-\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{calc}$.
Pentane normal.....	2,0	Cyclohexène.........	1,9
Hexane »	2,2	Benzène.............	1,35
Heptane »	2,3	Toluène.............	1,4
Pentène 2..........	1,7	Éthylbenzène........	1,4
Hexine 1...........	1,85	Styrolène...........	1,2
Heptine 1..........	1,9	Phénylacétylène......	1,0
Octine 1............	2,0	Décahydronaphtalène.	2,2
Propanol 1.........	2,0	Tétrahydronaphtalène.	1,8
Propénol 1.........	1,8	Naphtalène..........	1,3
Cyclohexane........	2,1		

L'examen de ce tableau montre que :

1° L'allongement de la chaîne d'un carbure aliphatique saturé ou non, ainsi que l'allongement des chaînes latérales des carbures benzéniques, produisent, au moins pour les chaînes courtes étudiées, une légère *augmentation* de l'écart Δ (pentane, 2,0; hexane, 2,2; heptane, 2,3) — (hexine, 1,85; heptine, 1,9; octine, 2,0) — (benzène, 1,35; toluène, 1,4; éthylbenzène, 1,4).

2° L'introduction d'une liaison éthylénique dans un carbure (ou un alcool) *abaisse* toujours l'écart Δ d'une quantité approximativement constante pour les corps étudiés (Δ pentane — Δ pentène = 0,3; Δ cyclohexane — Δ cyclohexène = 0,2; Δ éthylbenzène — Δ styrolène = 0,2; Δ propanol — Δ propénol = 0,2).

([1]) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 171. Voir aussi *Sur l'absorption exponentielle des rayons* β *du radium* E, Hermann édit., Paris, 1933.

3° Le noyau benzénique se comporte comme s'il possédait réellement trois liaisons éthyléniques. On a en effet :

$$\Delta \text{ cyclohexane} - \Delta \text{ benzène} \# 3(\Delta \text{ cyclohexane} - \Delta \text{ cyclohexène}).$$

Du même point de vue le tétrahydronaphtalène est bien intermédiaire entre le décahydronaphtalène et le naphtalène lui-même.

4° L'introduction d'une liaison acétylénique provoque une diminution de l'écart Δ, environ double de celle que produit l'introduction d'une liaison éthylénique (Δ hexane — Δ hexine = 0,35; Δ heptane — Δ heptine = 0,4; Δ éthylbenzène — Δ phénylacétylène = 0,4).

Il est intéressant de remarquer que le carbone dans les hydrocarbures saturés se rapproche plutôt du diamant, pour lequel nous avions trouvé un écart Δ = 1,6, tandis que le carbone dans les carbures non saturés, éthyléniques et surtout acétyléniques, tend à se rapprocher du graphite (Δ = 0).

On peut rapprocher cette remarque de celle que l'analyse cristalline par les rayons X a suggéré à Debye et Scherrer [1] : ces auteurs ont en effet été amenés à considérer le carbone comme aliphatique dans le diamant et benzénique dans le graphite.

L'ensemble de nos résultats montre que l'écart entre les coefficients massiques d'absorption observé et calculé semble être en relation directe avec la constitution chimique de la molécule et en particulier avec la nature des liaisons entre atomes de carbone.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la réduction et l'oxydation des silicates de manganèse.* Note [2] de M. **B. Bogitch**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Le traitement des silicates de manganèse à l'état fondu par des gaz, suivant la méthode indiquée dans une Note précédente [3], donne naissance à deux séries de composés.

La série des silicates réduits, correspondant à MnO, est obtenue en présence des gaz réducteurs ou neutres, comme l'acide carbonique ou l'azote.

---

(1) *Phys. Zeit.*, 18, 1927, p. 291. Voir aussi K. Lonsdale, *X-ray evidence on the structure of the benzene nucleus*, dans *Crystal structure and Chemical constitution*, discussion de la *Faraday Society*, mars 1929.

(2) Séance du 30 janvier 1933.

(3) *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 633.

Presque incolores pour des teneurs faibles en manganèse, ils deviennent verts quand la proportion de MnO dépasse 4 pour 100. Cela est tout à fait normal puisque MnO est de couleur verte.

La série oxydée ne se forme qu'en présence d'oxygène libre. Ces silicates sont colorés en violet et l'intensité de coloration varie depuis le violet faible teinté de rose jusqu'au violet noirâtre ou complètement noir. L'étude des silicates oxydés est intéressante, car on y trouve des équilibres chimiques tout à fait comparables à ceux qui ont été étudiés pour les silicates de fer.

On se rappelle que le manganèse forme plusieurs oxydes différents et que tous ces oxydes calcinés à l'air vers 900°-1000° se transforment, en Mn^3O^4. Celui-ci d'ailleurs se dissocie à son tour par l'élévation de température et, suivant Moissan, même au contact de l'air se transforme en MnO à la température de l'arc électrique. Si l'on attribue à Mn^3O^4 la formule $MnO^2,2MnO$, tous les oxydes de dissociation de ce corps peuvent être représentés par $p MnO^2$, $q MnO$. De la même façon pourraient être représentés les oxydes de manganèse combinés à la silice, où le rapport p/q notablement inférieur à 1/2 dépend de trois facteurs : de la température, de l'atmosphère gazeuse et de la concentration en manganèse du silicate.

Quand on fond de la silice ou du silicate de soude mélangé intimement avec Mn^3O^4, celui-ci se décompose au moment de la fusion avec dégagement d'oxygène, ce qui fait mousser le verre. Au refroidissement même très rapide, l'oxygène inclus dans la mousse de verre se recombine aussitôt, de telle sorte que la matière solidifiée ne contient plus de bulles de gaz visibles à l'œil nu. Les silicates préparés ainsi contiennent donc des quantités variables d'oxygène, suivant la température à laquelle on opère la fusion, la durée de celle-ci, etc., c'est-à-dire qu'ils ne sont pas à l'état d'équilibre. Par exemple, un silicate de soude à 33,2 pour 100 de MnO

$$(Na^2O = 24,1 \text{ pour } 100; \quad SiO = 42,4 \text{ pour } 100)$$

fondu à 1150° et refroidi aussitôt contenait 3,3 pour 100 d'oxygène, en sus de MnO, par rapport à ce dernier. Le même silicate prélevé dans le creuset 5 minutes plus tard renfermait déjà moins d'oxygène : 2,8. Un autre silicate à 49,5 pour 100 de MnO, sans soude, fondu à 1300° ne contenait que 1,9 pour 100 d'oxygène en excès par rapport à MnO contenu.

Les silicates de soude riches en manganèse comme le précédent sont très oxydables à l'air au-dessus de 200°. Réduit en poudre, ce dernier absorbe en 15 minutes à 300° près de 1 pour 100 d'oxygène, par rapport à MnO contenu; après 30 minutes à 650° la proportion d'oxygène fixé à monté à 6,5 pour 100.

Les silicates sans soude ne commencent à s'oxyder légèrement que vers 900°.

Voici maintenant le tableau résumant les résultats d'expériences de fusion de silicates de soude, à teneurs variables en manganèse, aux températures de 1250° à 1300°. Ces silicates ont été soumis à ces températures au barbotage prolongé de gaz à teneurs différentes en oxygène, afin de les amener à l'état d'équilibre. Le dosage de l'oxygène dans les silicates a été fait par la réduction au moyen de l'hydrogène ou du charbon de sucre, et les résultats sont exprimés en tant pour 100 par rapport au poids du silicate et par rapport à MnO contenu dans ce silicate.

Prop. d'oxygène dans l'azote (°/₀).	100.	60.	Air.				3,3.	1,6.	0.
Températures	1300°.	1300°.	1250°.	1300°.	1300°.	1300°.	1300°.	1300°.	1300°.
Oxygène par rapport au poids du silicate (°/₀)	0,20	0,15	0,13	0,10	0,30	0,015	0,07	0,04	0
Oxygène par rapport à MnO (°/₀).	1,60	1,30	1,0	0,8	1,1	0,35	0,6	0,3	0
Teneur en MnO (°/₀)	12,2	12,3	12,9	12,0	27,8	4,2	12,6	11,9	4,0
Colorations			noirs				violet foncé		vert

Comme on le voit, la formation d'un silicate oxydé de manganèse entraîne une décomposition très avancée de Mn^3O^4. Ce dernier contient en effet 7,5 pour 100 d'oxygène par rapport à MnO, tandis que dans le silicate le plus riche en oxygène sa proportion s'élève seulement à 1,6. L'oxyde Mn^3O^4 se comporte donc en présence de la silice de la même manière que Fe^2O^3.

La proportion de l'oxygène retenue par les silicates de manganèse est d'autant plus faible que la teneur en Mn est moindre, que la température est plus élevée et que l'atmosphère gazeuse est plus pauvre en oxygène.

L'intensité de la coloration violette des silicates est fonction de la proportion d'oxygène contenu en sus de MnO. Ceux contenant plus de 0,10 pour 100 du poids du silicate sont presque noirs. Entre 0,10 et 0,010, ils sont d'un violet plus ou moins foncé, etc. Il est surprenant à première vue que de si petites quantités d'oxygène suffisent pour produire des colorations aussi intenses; mais le permanganate en solution aqueuse se comporte de même.

MINÉRALOGIE. — *Sur une sépiolite fibreuse de Madagascar.* Note de Mlle **Caillère**.

Parmi les échantillons recueillis par M. Seyrig dans le gisement de mica d'Ampandrandava (Madagascar) se trouve un minéral fibreux jaune, se

débitant en fibres souples et soyeuses comme celles du chrysotile du Canada. Les fibres parallèlement disposées forment des lits atteignant jusqu'à 8cm d'épaisseur et séparés en plusieurs points par de l'opale laiteuse. Dans un autre échantillon le minéral est blanc, un peu terne; sa texture est asbestiforme. Il est accompagné par du gypse et de la calcite.

Poursuivant actuellement des recherches sur la constitution du chrysotile, j'ai étudié ce minéral au point de vue de sa dissociation thermique, en employant le galvanomètre double de Saladin-Le Chatelier, ce qui m'a permis de constater qu'il ne s'agit pas d'un chrysotile. La courbe obtenue diffère de celle du chrysotile de Montville (New-Jersey), elle présente trois crochets endothermiques. Le premier, le plus important, et correspondant au départ de la majeure partie de l'eau, se produit à 150°, le second à 440° et le troisième à 800°.

L'étude de la dissociation thermique de la partie à structure asbestiforme a fourni une courbe identique à celle du minéral soyeux. Il s'agit donc d'un même minéral présentant dans ce gisement deux aspects différents.

L'analyse chimique m'a donné les résultats suivants : SiO^2, 52,50; Al^2O^3, 0,60; Fe^2O^3, 2,99; Fe, 0,70; CaO, 0,47; MgO, 21,31; H^2O, +12,06, H^2O, —9,21. Total : 99,84.

Il s'agit d'une sépiolite (magnésite) de formule $H^8Mg^2Si^3O^{12}$, analogue à celle de la sépiolite du bassin de Paris [1], mais d'aspect très différent; la sépiolite de Coulommiers en effet est compacte, terne et d'un blanc rosé.

Le minéral de Madagascar a une biréfringence de l'ordre de 12/1000°, un allongement positif, une extinction droite. Ses indices encadrent celui d'un mélange d'huile de vaseline et de naphtalène monobromé d'indice 1,4997. Sa densité, mesurée à l'aide de la balance hydrostatique, en faisant le vide avant la détermination de la poussée et en employant le xylol comme liquide d'immersion, est de 2.08.

La méthode des colorations utilisée par Fersmann [2] pour les minéraux de ce groupe m'a fourni les résultats suivants qui, eux aussi, permettent de distinguer le minéral étudié d'un chrysotile.

Alors que le chrysotile se colore en bleu très pâle par le bleu de méthylène, en orangé par la fluorescéine et en rose violacé clair par l'éosine; la

(1) A. Lacroix, *Minéralogie de la France*, 1, p. 457.

(2) Fersmann, *Recherches sur les silicates de magnésie*, p. 385.

sépiolite prend une coloration bleu violacé par le bleu de méthylène et acquiert un polychroïsme intense, la fluorescéine la colore en jaune d'or et l'éosine en rose saumon. Les fibres du minéral de Madagascar ainsi colorées par la fluorescéine et l'éosine, soumises au rayonnement ultraviolet, prennent une fluorescence vive.

Après chauffage à 1100° la sépiolite fibreuse reste transparente, son indice de réfraction devient plus élevé $n_g = 1,59$ (déterminé par immersion dans le bromoforme), sa densité augmente, elle est alors de 2,78, enfin, dans les mêmes conditions que précédemment, elle absorbe beaucoup moins les colorants, le polychroïsme acquis est beaucoup plus faible, et l'on n'observe plus de fluorescence.

En résumé, le minéral de Madagascar est une sépiolite cristallisée, donc une *parasépiolite*, dans la terminologie de Fersmann.

Il est à remarquer que les formes fibreuses de sépiolite sont extrêmement rares; Fersmann en signale seulement une, celle de Bradford (Idaho), étudiée par Merrill (1). Le minéral de cette localité est d'ailleurs mélangé à une assez forte proportion de calcite et par conséquent moins pur que celui trouvé à Madagascar.

CRISTALLOGRAPHIE. — *L'influence des rayons X sur les formations du germe cristallin.* Note (2) de M. **Dinca Samuiacas.**

La production du premier germe formant le cristal a déjà été l'objet de nombreuses recherches. C. Brame (3), G. Tammann (4), P. Gaubert (5), ont toujours admis comme causes de la cristallisation les agents météorologiques. Les recherches de P. Curie (6) sur le pouvoir ionisant des rayons X dans les liquides et la théorie électrostatique de Kossel (7) sur la formation réticulaire des cristaux m'ont suggéré l'idée que les ions peuvent jouer ici un rôle important en constituant des noyaux de cristallisation

(1) G. Merrill, *Proceed. U. S. A. Museum*, 18, 1895, p. 285-292.
(2) Séance du 30 janvier 1933.
(3) *Comptes rendus*, 121, 1895, p. 250.
(4) *Kristallisieren und Schmelzen* (J. A. Barth, Leipzig, 1903).
(5) *Bull. de la Soc. p. de Min.*, 25, 1902, p. 223.
(6) *Comptes rendus*, 134, 1902, p. 420.
(7) *An. der Phys.*, 49, 1916, p. 230.

tout comme ils forment des germes de gouttelettes, dans une vapeur saturée.

A ce sujet nous avons fait une étude sur diverses substances irradiées par des rayons X. *A priori*, j'ai pensé que les substances sur lesquelles le rayonnement peut avoir une influence seraient celles qui ne sont pas électrolytiques et qui sont absorbantes. J'ai étudié en conséquence d'une part la formation du germe cristallin du soufre et du phosphore dans une solution sursaturée de sulfure de carbone, et, d'autre part, la formation du germe cristallin du bétol et du santonine fondus. Dans ces expériences j'ai employé une installation à rayons X comportant un tube démontable, muni d'une anticathode en fer. La tension aux bornes du tube était maintenue à 48000 volts avec une intensité de 18 milliampères. Dans ces conditions j'ai obtenu la radiation K_α avec $\lambda = 1,932.10^{-8}$ et K_β avec $\lambda = 1,754.10^{-8}$. Ce faisceau presque monochromatique, en sortant par une fente circulaire de 4^{mm}, était dirigé verticalement vers le tube à irradier qui se trouvait à 20^{cm} de l'anticathode. J'ai préparé ensuite des solutions sursaturées de soufre et de phosphore dans du sulfure de carbone à la température de 20°. De ces solutions, 5^{cm^3} ont été versés dans deux tubes Borel, de forme et de dimensions identiques, dont le diamètre était de 4^{cm}. Tous les deux sont introduites dans un même thermostat à une distance de 5^{cm} l'un de l'autre, où au moyen d'un réglage électrique on peut y maintenir une température constante entre 0°-350°. La température du thermostat et celle des substances sont mesurées avec des couples thermo-électriques de haute sensibilité. Les germes formés pour une température et pendant un intervalle de temps donné ont été photographiés avec un dispositif microphotographique muni d'un objectif micropolar $f = 100^{mm}$, et, sur la photographie, leur nombre a été compté par centimètre carré.

J'ai dirigé ensuite le rayonnement vers un tube, tandis que l'autre a été complètement isolé de l'influence du rayonnement. Dans les mêmes conditions de temps, pression et volume, l'une des solutions s'évaporait sous l'action du rayonnement et l'autre complètement isolée. Les résultats sont les suivants :

	Temps		Nombre de germes par cm^2	
Substance.	d'évaporation.	d'irradiation.	sous l'action de rayons X.	en dehors du rayonnement.
Sol. de soufre en sulfure de carbone...........	2 h. 30 min.	2 h. 30 min.	75	10
Sol. de phosphore en sulfure de carbone.......	3 h. 30 min.	3 h. 30 min.	59	14

Dans d'autres expériences, les tubes ont été hermétiquement bouchés. A la même température (20°) ils ont été maintenus dans le thermostat pendant 4 heures. J'ai fait agir pendant ce temps le rayonnement. J'ai abaissé ensuite brusquement la température à 15°. J'ai désigné par T_r et T_h le temps écoulé entre l'obtention de la température de 15° et l'apparition du premier germe dans le tube irradié et respectivement non irradié. J'ai observé que sous l'influence des rayons X les germes apparaissaient plus vite. Le résultat se trouve désigné dans ce tableau :

Substances.	Temps d'irradiation.	T_r.	T_h.
Solution de soufre dans sulfure de carbone.....	4 heures	8 sec.	2 min.
Solution de phosphore dans sulfure de carbone.	4 heures	6 sec.	1 min. 37 sec.

Avec une méthode un peu différente dans le cas de bétol et santonine, les résultats sont les suivants :

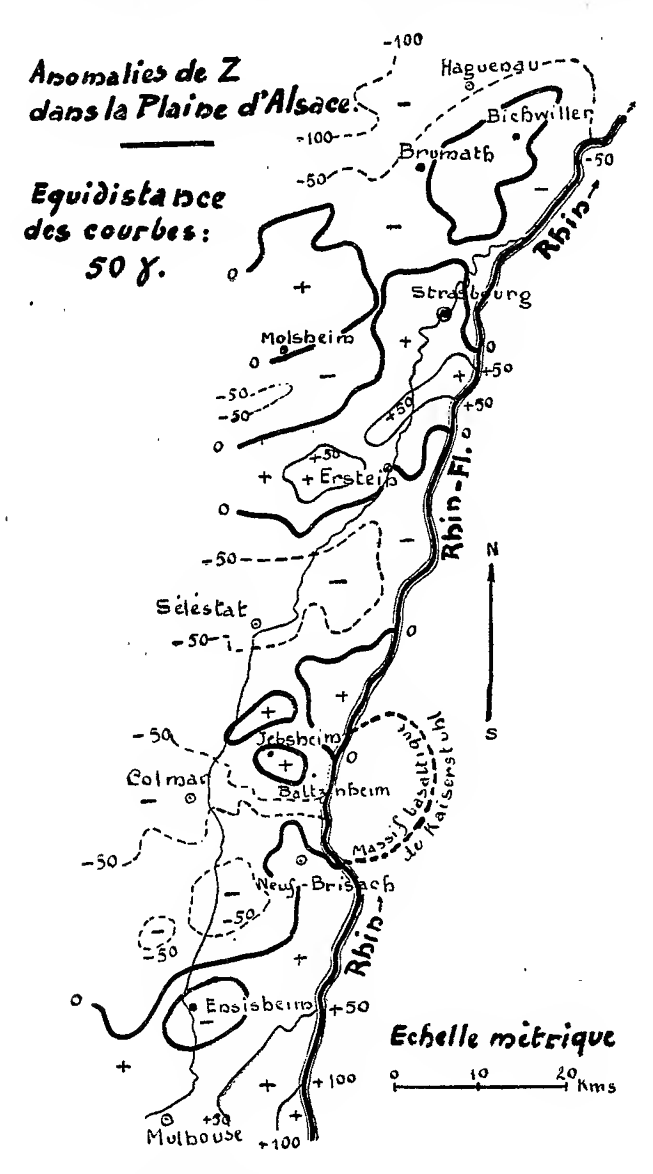
Substances.	Temps d'irradiation.	T_r.	T_h.	Nombre de germes par cm² sous l'action des rayons X.	Nombre de germes par cm² en dehors du rayonnement.
Bétol.......	6 h. 30 min.	15 sec.	3 min. 20 sec.	84	29
Santonine...	7 h. 30 min.	11 sec.	3 min. 9 sec.	65	18

Il résulte de ces données que le rayonnement électrolytique ionisant peut influencer la formation des germes cristallins des substances.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Établissement de la carte des anomalies de la composante verticale du champ magnétique terrestre dans la plaine d'Alsace.* Note de M. C. L. **Alexanian**, présentée par M. Ch. Maurain.

Au cours de l'année de 1931, à l'aide du variomètre de Haalck, n° 36, j'ai entrepris une campagne régulière de mesures dans la plaine d'Alsace entre le Rhin, le versant Est des Vosges, les villes de Haguenau et de Mulhouse. La distance mutuelle des stations variant de 2 à 4^{km}, j'ai couvert ainsi seul plus de 2500^{km^2} et effectué 374 stations dont 147 répétées deux ou trois fois. Le déplacement en voiture automobile étant relativement rapide, chaque station était exécutée en moyenne dans une demi-heure. J'ai pensé qu'il serait utile de démontrer ainsi expérimentalement la possibilité d'établir rapidement, avec ce type d'instrument, un réseau de mesures relatives de

stations magnétiques et de chercher une corrélation entre les mesures absolues de la Géophysique pure (distance mutuelle des stations de 10 à 20^{km}) et les mesures relatives de la Géophysique appliquée (distance



mutuelle des stations de 50 à 500^{m}), en vue d'une interprétation géologique régionale à des profondeurs relativement grandes (de 2 à 12^{km}).

Les corrections de longitude et de latitude ont été faites en se basant

sur la valeur moyenne de la déclinaison en Alsace de 11° à 11°30′ et sur un espacement des parallèles théoriques de 5 à 6 gammas par kilomètre suivant les parties de la carte. Quant à la correction de la variation diurne, elle a été déduite provisoirement des valeurs enregistrées au Val-Joyeux en 1928, 1929 et 1930 à la même époque.

L'étalonnage et la détermination du coefficient de la température ont été effectués à Bruschwikersheim (Bas-Rhin), loin de tout centre de perturbation électromagnétique. La valeur en gauss d'une division de l'échelle de l'appareil pour la composante verticale était 30,2 et le coefficient de la température 7,8 pour une variation de 1°C. de la température du milieu ambiant. Ces valeurs sont restées constantes pendant toute la durée de la campagne (juin-novembre 1931).

L'instrument étant placé dans la voiture sur des supports élastiques appropriés, lors du transport, tout choc était ainsi entièrement évité. Les mesures ont été effectuées sans interruption de $9^h 30^m$ à $15^h 30^m$, afin d'éliminer en grande partie l'effet de la variation diurne du champ magnétique terrestre.

La carte présentée ci-dessus est extraite d'un levé détaillé au 1/80000e, un ensemble de six feuilles. Pour chacune d'elles, j'ai choisi une station base, soit total au nombre de six. Ces dernières ont été ensuite rapportées à une seule (celle de la feuille de Sélestat). Toute opération faite, j'ai appliqué à chacune des stations des mesures l'équation classique :

$$\Delta Z = K\frac{n_w + n_e}{2} + \mu(t - t_0) - \text{var. diurne},$$

où Δz est la variation de la composante verticale du champ magnétique entre une station de mesure et la station base de la carte; n_w, n_e sont les moyennes des lectures données par le variomètre dans les variations Ouest et Est magnétiques; K, μ, les constantes de l'échelle et de la température; t et t_0, la température ambiante et la temperature origine; par exemple $t_0 = 20°$.

Une interprétation sommaire fait apparaître les constatations suivantes, en liaison avec la géologie :

1° La continuité parfaite des courbes d'anomalie. — 2° Une direction constante SSW-NNE correspondant à celle des plis hercyniens du tréfonds et qui se poursuit des Vosges vers la Forêt Noire. — 3° Une forte perturbation de forme circulaire apportée à cette direction par le massif basaltique d'âge tertiaire du Kaiserstuhl. — 4° La prolongation de la masse

profonde volcanique du Kaiserstuhl vers le pointement basaltique de Riquewihr, au pied des Vosges. — 5° L'existence des pointements basaltiques analogues mais dissimulés sous la couverture d'alluvions de la plaine. — 6° Dans le sud de la plaine, la direction hercynienne réapparait. Un fort maximum orienté suivant cette direction marque la limite SE du bassin potassique.

Une publication détaillée donnera prochainement un commentaire géophysique et géologique plus complet.

CYTOLOGIE. — *Existence d'une structure infravisible orientée du cytoplasme chez les Algues.* Note de M. **M. Chadefaud**, présentée par M. L. Mangin.

I. Le cytoplasme des cellules axiales des *Draparnaldia* présente, dans certains cas, une torsion hélicoïdale très accusée. Tout se passe comme s'il existait dans ce cytoplasme des lignes directrices longitudinales, normalement rectilignes, et qui, dans certains filaments, s'incurveraient fortement aux extrémités de la cellule, de façon à dessiner un S. Ces lignes directrices ne peuvent être observées directement, mais elles se manifestent de façon très claire en orientant les éléments figurés et les inclusions du cytoplasme selon leur direction. Le chromatophore prend une allure nettement hélicoïdale et qui, en raison de sa plasticité, ne peut être conditionnée par sa propre structure, mais par celle du cytoplasme ambiant, qui lui impose une forme. Les chondriosomes filamenteux et les amas de granula et de globules lipidiques s'alignent, parfois avec une grande netteté, selon les lignes en S décrites ci-dessus, et cela, même loin des bords du chromatophore.

Une telle torsion cytoplasmique ne peut se concevoir que s'il existe, dans le cytoplasme, une sorte de squelette relativement rigide et structuré, d'ailleurs infravisible.

II. De tels phénomènes de torsion cytoplasmique existent probablement chez d'autres algues filamenteuses, car on trouve parfois une disposition hélicoïdale du chromatophore chez des algues vertes (*Œdogonium*, *Bulbochœte*, *Microspora*, *Urospora*) ou brunes (*Ectocarpus confervoides*). Il est possible (mais non prouvé toutefois) que la torsion des chloroplastes rubannés des spirogyres soit aussi en rapport avec une torsion cytoplasmique.

III. L'existence d'une structure orientée du cytoplasme se traduit d'une façon encore plus intéressante dans les grandes cellules allongées du tissu central de *Chorda filum*. Le cytoplasme de ces cellules possède deux séries de lignes directrices, à peu près orthogonales, et fortement inclinées par rapport à l'axe longitudinal de la cellule. L'une de ces directions est prépondérante : elle oriente la plus grande partie des phéoplastes, des chondriosomes et des amas de physodes, et tous les noyaux, qui sont étirés en fuseau. Quelques phéoplastes seulement sont orientés selon l'autre direction. Or, il est très curieux de remarquer que ces deux directions de la structure cyloplasmique coïncident avec celles des deux systèmes de fines stries que présente la membrane cellulosopectique, et que révèlent de façon très nette les ponctuations en X de cette membrane. On trouve ainsi une relation évidente entre la structure cytoplasmique et celle de la membrane cellulaire.

IV. Ainsi, on ne peut admettre que le cytoplasme soit entièrement fluide et amorphe. Une partie est fluide, et peut circuler sous forme de courants cytoplasmiques. Mais une autre partie est plus rigide et structurée, ses micelles sont orientées selon des lignes directrices, un peu à la façon des éléments d'un cristal. L'existence de ce squelette structuré, dont l'orientation paraît, dans certaines limites, modifiable, et peut sans doute être influencée par des éléments comme le noyau et la cinétide, permet de comprendre les phénomènes de polarisation cellulaire, révélés par l'activité physiologique ou par le mode de croissance et de division de la cellule. Elle permet aussi d'imaginer comment le cytoplasme peut engendrer des éléments aussi finement et régulièrement structurés que, par exemple, la frustule d'une Diatomée, ou la pellicule des Eugléniens, dont les stries sont souvent tordues en hélices.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Hétérogénéité physicochimique des plastes.* Note de M. **A. Maige**, présentée par M. Marin Molliard.

L'examen des processus, décrits par Guilliermond, et relatifs à l'apparition de l'amidon dans les plastes ayant la forme filamenteuse de chondriocontes, suggère que ces organites n'ont pas une constitution homogène dans toute leur étendue. Le fait que les vacuoles amylogènes sont localisées en un ou deux points de la longueur du plaste, conduit en effet à supposer qu'en ces points le stroma plastidal a des propriétés physicochimiques différentes de celles des autres parties.

Cette hétérogénéité physicochimique des plastes filamenteux se retrouve également dans les plastes amylifères déjà différenciés.

Il existe de nombreux exemples de plastes amylifères arrondis qui, pour un taux de sucre déterminé, ne présentent de réaction amylogène que sur une de leurs faces et ne produisent que de ce côté de nouvelles loges amylifères formant calotte. Le phénomène peut être observé notamment, pendant l'hydrolyse sur le buvard humide, des axes embryonnaires de Haricot prélevés dans des graines en voie de dessiccation, dans certains cotylédons verdissants de Pois, dans les rejets verdissants de Pomme de terre, etc.; il se manifeste dans les cas précités sans accroissement du grain primitif.

La calotte plastidale, qui s'est dans la circonstance comportée exactement comme un plaste non amylifère à réaction pluriloculaire, possède donc des propriétés physico-chimiques spéciales, différentes de celles de la partie mince de l'écorce du plaste, et qui se traduisent notamment par un seuil moins élevé de condensation amylogène, ou ce qui revient au même, comme je l'ai montré antérieurement, de cette perméabilité spéciale aux sucres, nécessaire à l'amylogénèse, que je désignerai sous le nom d'*endoplastidale* pour la distinguer de la perméabilité *exoplastidale* qui permet au contraire au sucre de sortir du plaste pendant l'amylolyse et qui n'exclut nullement d'ailleurs la présence normale par pénétration imbibitive ou autre de molécules de sucre dans l'écorce du plaste lorsqu'il ne produit ni ne digère d'amidon.

On peut faire des observations analogues pendant la synthèse. Dans les hypocotyles de Haricot placés à l'état sec sur glucose à 5 pour 100 à 30°, dont les plastes présentent une réaction uniloculaire, on voit cette réaction s'arrêter totalement, signe de la disparition sur tout le pourtour de la perméabilité endoplastidale, puis le stroma s'épaissit latéralement en une calotte qui, récupérant la perméabilité adéquate, nécessaire, produit une réaction pluriloculaire.

Des phénomènes semblables peuvent être observés pendant la synthèse, dans des cas de réaction restant jusqu'au bout uniloculaire. Un des exemples les mieux connus est celui des grains d'amidon du tubercule de Pomme de terre dont la formation a été étudiée par Guillirmond. Suivant cet auteur, les grains précipités apparaissent dans de petits plastes arrondis et grossissent peu à peu en étirant la substance plastidale qui disparaîtrait sur la plus grande partie de l'étendue du grain pour ne plus former qu'une calotte latérale qui continue seule à produire de l'amidon.

J'ai montré par l'étude du verdissement qu'en réalité la paroi plastidale

subsiste tout autour du grain, mais avec une extrême minceur qui ne permet pas de la mettre en évidence par les méthodes de coloration mitochondriales. Le grain d'amidon effectue donc toute son évolution *à l'intérieur de la vacuole plastidale* suivant le type uniloculaire. Mais le fait que les couches amylacées successives ont une épaisseur qui, au début plus élevée du côté de la calotte plastidale, finit, à partir d'un certain moment, par ne plus exister que ce côté, montre que la paroi plastidale présente comme dans les cas étudiés précédemment une hétérogénéïté physicochimique se traduisant, vis-à-vis des sucres par une perméabilité endoplastidale variable aux divers points de sa surface : se laissant au début traverser d'autant plus facilement qu'elle est plus épaisse, cette paroi finit par présenter en tous ses points une perméabilité nulle, sauf vis-à-vis de la calotte plastidale, qui présente ainsi, comme dans les cas cités antérieurement, un état physico-chimique différent de celui du reste du plaste.

Ces considérations, outre qu'elles expliquent la production plus active ou exclusive de l'amidon par la calotte plastidale, présentent cet intérêt important de montrer que la perméabilité spéciale aux sucres de cette paroi, nécessaire à la formation de l'amidon, peut être fréquemment inégale aux divers points de son pourtour et qu'elle peut varier au cours du développement du grain d'amidon jusqu'à s'annuler toute ou sur la plus grande partie de sa surface : elles permettent d'expliquer un certain nombre de faits tels que l'arrêt précoce de la formation de l'amidon dans les plastes amylifères primitifs, que j'ai observé fréquent dans les cellules de l'albumen du Pois à grain ridé et constant dans celles du Maïs sucré, et les phénomènes de fatigue avec le fonctionnement que j'ai signalés chez les plastes amylogènes. C'est aussi sans doute à de légères différences individuelles dans cette perméabilité du stroma plastidal que l'on pourrait attribuer les différences individuelles légères du seuil de condensation amylogène que j'ai signalées antérieurement entre les plastes d'une même cellule.

ZOOLOGIE. — *Transformations histologiques corrélatives du cycle sexuel chez* Polystomum integerrimum *Frœlich.* Note de M. **Louis Gallien**, présentée par M. M. Caullery.

La forme adulte de *Polystomum integerrimum* Frœlich, parasite de la vessie de *Rana temporaria* L., présente, au cours de l'année, des variations histologiques profondes, intéressant particulièrement l'appareil génital et le parenchyme et corrélatives du cycle sexuel.

J'ai sacrifié en janvier, février, mars, avril, mai, juillet, octobre et novembre, des Polystomes, dont j'avais noté pour chaque cas la date de ponte. Celle-ci s'est échelonnée de la mi-janvier au début de mars. De mes observations, il résulte qu'on peut distinguer trois grandes périodes dans le cycle génital annuel du Polystome.

Première période (précédant la ponte). — Le stade caractéristique de cette période est fourni par des Polystomes sacrifiés fin novembre. La vitellogénèse à ce moment est intensive : tout le corps du ver, depuis la partie antérieure de la région céphalique jusqu'aux ventouses, est occupé par la masse des cellules vitellines. Le parenchyme, extrêmement réduit contre les parois du corps, est visible uniquement dans les grandes plages qu'il forme dans la région de l'ovaire et des ventouses.

L'ovaire est rempli d'oocytes qui ont atteint leur taille définitive, sauf dans la région antérieure, où ils forment une calotte de petits éléments. Les cystes testiculaires ventraux sont remplis d'énormes paquets de spermatozoïdes. La glande de Mehlis, annexée à l'ootype, est complètement développée. Ses cellules présentent un contenu homogène très clair fortement éosinophile.

L'absence de récoltes pratiquées en août et septembre ne me permet pas maintenant de situer exactement le début de cette période. Ces phénomènes doivent commencer en septembre, car, dans des coupes du début d'octobre et de novembre, j'ai observé déjà une vitellogénèse marquée; mais, toutefois, à ce moment, l'ensemble des cellules vitellines ne formait pas encore une masse continue, mais une série de groupes, séparés par un parenchyme lâche. Ces groupes confluent en une masse unique vers la fin de novembre. Cette période dure par conséquent pendant l'automne et l'hiver jusqu'à la ponte.

Deuxième période (ponte). — Elle est de courte durée. Dans la nature, la ponte du Polystome s'effectue quand les grenouilles s'éveillant de l'hibernation, s'accouplent et émettent leurs œufs. Dans nos régions et pour une année où la température n'a pas présenté de variations particulières, cette époque se situe dans le courant du mois de mars. On peut déclencher la ponte du Polystome beaucoup plus tôt, au laboratoire, en maintenant les grenouilles dans une pièce chauffée. On peut alors obtenir des œufs depuis le mois de décembre jusqu'en mars, à condition d'utiliser des séries successives de grenouilles venues de l'extérieur. Chaque Polystome de grenouilles ainsi traitées pond pendant une dizaine de jours en moyenne, mais parfois plus.

La formation des très nombreux œufs qui s'accumulent dans l'utérus avant d'être expulsés se traduit par une disjonction de la masse des cellules vitellines; par ailleurs, l'ovaire se vide plus ou moins, suivant l'intensité de la ponte : dans un cas, outre la petite masse de jeunes oocytes situés dans la région antérieure, il ne restait entre les parois aplaties de l'ovaire que neuf oocytes. Enfin, la glande de Mehlis disparaît à peu près totalement, tandis que les cystes testiculaires présentent des masses de spermatozoïdes et des figures de spermatogénèse.

Troisième période (succédant à la ponte). — Rapidement, pendant le premier mois qui suit la ponte, plus lentement ensuite, on assiste à une involution générale de l'appareil génital et à un développement corrélatif du parenchyme. Le canal génito-intestinal remplit très activement son rôle d'exutoire.

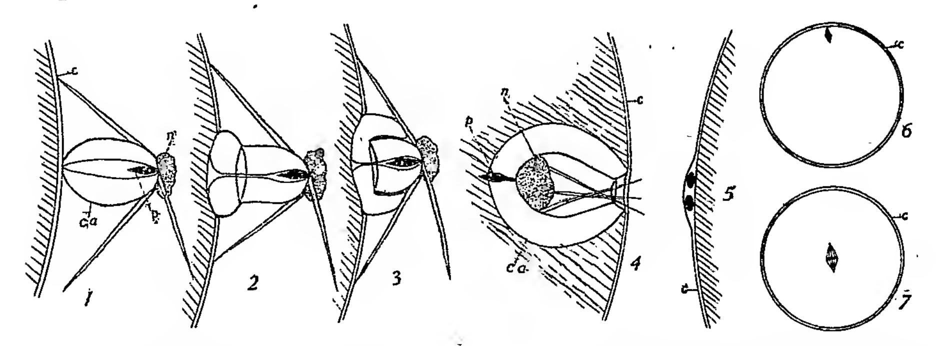
Ce qui reste des cellules vitellines disparaît, d'abord par digestion d'un certain nombre d'entre elles dans le tube digestif, où on les trouve noyées dans un épais pigment, ensuite par disjonction sur place. On observe alors des groupes de quelques cellules, séparés par du parenchyme; ces îlots deviennent de plus en plus petits, il ne reste finalement plus de cellules vitellines; celles-ci se sont désorganisées; on trouve, dans le parenchyme, leurs corpuscules coquilliers. Celles des cellules vitellines qui demeurent ne présentent plus que le noyau et la membrane, ou même simplement la membrane.

L'ovaire est plus ou moins vidé après la ponte; des oocytes qui restent, certains passent dans le tube digestif par le canal génito-intestinal, les autres sont phagocytés et se désorganisent. La glande de Mehlis est vidée. Les phénomènes d'involution du testicule sont moins nets, toutefois les vésicules remplies de spermatozoïdes sont enrobées dans le parenchyme et paraissent se réduire progressivement.

En résumé, la période préparant la ponte, qui dure l'automne et l'hiver, est marquée par un grand développement de l'appareil génital, en particulier par une vitellogénèse intense et par une réduction du parenchyme. La période de la ponte, de courte durée, coïncide avec l'éveil des grenouilles. La période succédant à la ponte, qui dure pendant le printemps et une partie de l'été, est marquée par une involution générale de l'appareil génital et un développement du parenchyme.

ZOOLOGIE. — *Fécondation et maturation de l'œuf chez un Pagure* (Diogenes pugilator *Roux*). Note de Mlle **Françoise Bloch**, présentée par M. M. Caullery.

I. *Fécondation.* — Le mécanisme de la fécondation chez les Crustacés a toujours paru fort énigmatique en raison de la morphologie très particulière des spermies et de l'absence dans ces éléments de tout flagelle locomoteur; les auteurs qui jusqu'à présent ont tenté de l'étudier *in vivo* n'ont pas obtenu de résultats satisfaisants. J'ai fait des observations qui me permettent de préciser les modalités de ce phénomène chez un Pagure, *Diogenes pugilator* Roux.



1, 2, 3, 4, différentes phases de la pénétration du spermatozoïde à l'intérieur de l'œuf; 5, globules polaires sous la coque de l'œuf; 6, mitose de maturation; 7, première mitose de segmentation. *c*, coque de l'œuf; *ca*, capsule de la spermie; *n*, noyau; *p*, percuteur.

Les nombreux essais que j'avais tentés à toutes les époques de l'année sont tout d'abord restés sans succès. J'ai reconnu plus tard qu'on n'obtient des résultats positifs qu'à certaines périodes, toujours de courte durée (4 à 5 jours), et qui se renouvellent environ quatre fois au cours de l'été; cette périodicité est conditionnée par un cycle de l'ovaire, au cours duquel les œufs arrivent à maturité par poussées successives, pour être, aussitôt leur maturité, pondus et immédiatement fécondés.

On isole les œufs mûrs en secouant les ovaires dans un peu d'eau de mer. D'autre part, on broie dans un godet les canaux déférents : les spermatophores sont déchirés, mais les spermies libérées restent intactes; on les prélève à la pipette et l'on arrose les œufs.

Le spermatozoïde amené passivement au contact de l'œuf y adhère et s'oriente toujours de la même façon : la capsule dirigée vers l'œuf, à la

surface duquel une ou plusieurs épines viennent s'appuyer et se fixer, semble-t-il, solidement. Au contact de la capsule, la membrane ovulaire s'enfonce légèrement, pendant que débute la dévagination de la capsule contre la surface de l'œuf; elle se poursuit et s'achève exactement de la façon que j'ai décrite antérieurement ([1]). Par suite de son adhérence à l'œuf, le sommet de la capsule en se dévaginant y détermine dans la coque une ouverture qui s'élargit progressivement et à travers laquelle la capsule, de par son retournement, s'injecte, le percuteur en avant, le noyau en arrière; on retrouve, à l'intérieur de l'œuf et à sa périphérie, la spermie complètement dévaginée (fig. 4). Par conséquent, le fonctionnement physiologique normal de ces spermies est bien tel que je l'avais supposé antérieurement ([2]).

Je n'ai pu suivre qu'une fois entre lame et lamelle les différentes phases de la pénétration des spermatozoïdes; étant donnée la lenteur du processus, des phénomènes d'asphyxie l'arrêtent bientôt. Mais, en prélevant à intervalles aussi rapprochés que possible des œufs artificiellement fécondés, les aspects que j'ai décrits sont constants et leur succession toujours identique. J'ai trouvé, une fois, chez une femelle en train de pondre, un œuf qui venait précisément d'être fécondé : on y voyait une spermie dévaginée identique à celle de la figure 4.

II. *Maturation.* — La coloration vitale au vert de méthyle acétique (à 1 pour 100) permet de suivre *in vivo* les phénomènes de maturation, malgré l'abondance du vitellus. Les œufs immatures, piriformes, mais facilement déformables, présentent une volumineuse vésicule germinative. Celle-ci a disparu dans les œufs mûrs, qui sont sphériques et entourés d'une coque assez rigide; la coloration met alors en évidence une mitose de maturation, arrêtée à la métaphase, dont le fuseau est situé à la périphérie de l'œuf et orienté perpendiculairement à sa surface. Ce stade persiste jusqu'au moment de la fécondation.

Les œufs, expulsés un à un, sont fécondés au moment de leur sortie de l'oviducte ([2]). Les globules polaires ne sont expulsés qu'après la pénétration du spermatozoïde ; on les retrouve sous la coque de l'œuf; souvent le premier globule polaire se divise. Puis le pronucléus ♀ gagne le centre de l'œuf et se fusionne avec le pronucléus ♂; le fuseau de la première mitose de segmentation diffère du fuseau de maturation, et par ses dimensions qui sont deux fois plus grandes, et par sa position à peu près centrale.

([1]) *C. R. Soc. Biol.* **107**, 1931, p. 1221.

([2]) Les phénomènes d'accouplement seront décrits ailleurs.

Le développement des œufs artificiellement fécondés ne dépasse pas le stade 2, ce qui tient sans doute aux conditions dans lesquelles je les conservais (manque d'aération); du reste, des pontes spontanées conservées dans les mêmes conditions se développent également très mal. Quoi qu'il en soit, les phénomènes que j'ai observés me semblent ne pouvoir correspondre qu'au processus normal de la fécondation.

EMBRYOLOGIE. — *La topographie des ébauches présomptives du foie, d'après l'étude des Poulets omphalocéphales.* Note de M. **Étienne Wolff**, présentée par M. M. Caullery.

L'appareil branchial et les dérivés branchiaux des Omphalocéphales se constituent et se différencient aux dépens de leur ébauche normale, mais en situation anormale; l'intestin antérieur n'est pas fermé; sa paroi ventrale ne s'est pas rabattue; elle est restée dorsale; c'est dans la région antérieure à la fente buccale qu'on retrouve l'appareil branchial et ses dérivés. Qu'advient-il des autres organes normalement ventraux, du foie en particulier? Rabaud (1898) n'en a trouvé aucune trace, même au sixième jour. Kaestner (1906) a signalé chez un embryon de 4 jours (observation unique) un diverticule digestif dans la région du sinus veineux; il l'assimile à l'ébauche du foie; mais la formation qu'il décrit n'est pas suffisamment différenciée pour être caractéristique.

J'ai observé des formations hépatiques incontestables sur les sept omphalocéphales de plus de trois jours que j'ai examinés. Chez presque tous, j'ai trouvé deux foies absolument indépendants. Chez un embryon de dix jours, ce sont deux organes massifs qui font saillie dans la cavité générale; les coupes histologiques démontrent qu'ils ne communiquent entre eux en aucun point, mais leurs rapports primitifs avec l'intestin sont plus ou moins masqués. Au contraire, chez un embryon de quatre jours et demi, les ébauches hépatiques, déjà volumineuses, conservent encore leurs rapports initiaux. A ce stade, l'ébauche de l'appareil digestif peut être distinguée sur toute son étendue de l'endoderme vitellin qui l'entoure. La région postérieure de cette ébauche est normalement fermée en un tube (intestin postérieur et allantoïde), tandis que toute la partie antérieure reste ouverte. Au centre de cette plaque intestinale antérieure, la tête détermine un renflement énorme, en arrière duquel l'estomac se constitue comme dans le cas normal, par une poche médiane. En avant du renflement, se place l'appareil pharyngo-buccal. Les deux ébauches hépatiques sont situées respec-

tivement à l'extrême droite et à l'extrême gauche de la plaque intestinale antérieure, de part et d'autre de la tête et du pharynx. C'est exactement à la limite de l'endoderme vitellin qu'on voit l'endoderme digestif se différencier en tissu glandulaire et envoyer de longs cordons très ramifiés qui constituent les masses hépatiques. Ces cordons évoluent au milieu de vastes lacunes sanguines, qui communiquent, d'une part, avec les veines omphalo-mésentériques, d'autre part avec de gros troncs veineux qui se rendent au cœur.

Ultérieurement, les deux foies conservent leur indépendance, mais leur topographie initiale est quelque peu masquée : leur partie postérieure se développant considérablement, ils ont tendance à venir faire saillie dans la cavité générale, de part et d'autre de la poche gastrique, dans la situation où on les trouve sur un omphalocéphale de 10 jours.

Puisque cette monstruosité consiste en la persistance d'une disposition primitive et non, comme le croyait Kaestner, en une modification secondaire d'un stade ultérieur de l'évolutiun normale, les observations précédentes nous permettent de conclure du cas tératologique au cas normal :

1° Le foie est à l'origine un organe pair; il se constitue au voisinage des veines qui se rendent au sinus veineux, à partir de deux ébauches, situées à l'extrémité des ailes antéro-latérales de l'ébauche du tube digestif.

2° Le foie d'un embryon normal se constitue par la réunion de ses deux ébauches, au moment où les replis antérieurs et latéraux forment la paroi ventrale du tube digestif. Lorsque celui-ci ne se ferme pas au stade normal, les deux ébauches, très éloignées l'une de l'autre, évoluent indépendamment et donnent naissance à deux foies absolument distincts.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Transplantations d'ébauches des membres postérieurs chez le Crapaud accoucheur* (Alytes obstetricans *Laur*). Note de M. **Maurice Lecamp**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les résultats des transplantations d'ébauches des membres chez les Batraciens ont mis en évidence un phénomène de dédoublement, déterminant la production de formations constituées par deux membres.

Ces duplications bien connues se produisent, en général, dans un pourcentage de cas élevé.

A la suite d'un grand nombre d'implantations d'ébauches du membre antérieur de la larve d'Amblystome, réalisées sous diverses orientations,

Harrison (1921) et Swett (1926) ont rapporté la détermination des dédoublements obtenus à l'influence du changement d'orientation des axes de l'ébauche, par rapport à ceux de la base d'implantation. C'est l'opposition de deux polarités, l'une émanant de la base et l'autre fixée dans le transplant, qui causerait la duplication.

Przibram (1924) explique ces productions de la même manière que celles formées, par hyperrégénération, dans les traumatismes des membres adultes (*Bruchdreifachbildung*); dans le cas particulier des transplantations, un composant provient de la croissance normale du greffon, l'autre se développe aux dépens de la régénération proximale de ce greffon.

Sur le Crapaud accoucheur, j'ai cherché auquel de ces deux modes d'évolution il fallait rapporter le dédoublement du bourgeon du membre postérieur après transplantation.

1° J'ai greffé ces ébauches sur le flanc de la larve, soit en conservant leur orientation, soit en l'inversant (transplantations hétérotopiques dorso-dorsales ou dorso-ventrales); ces deux méthodes opératoires étant pratiquées du même côté du corps (homolatéralement) ou du côté opposé (hétérolatéralement).

Sur un ensemble de 36 opérés, 33 cas réussis ont fourni 17 dédoublements, avec un pourcentage à peu près égal, qu'il y ait eu conservation ou inversion de l'orientation. La création de deux polarités opposées n'a donc pas influencé le processus duplicatif.

Les greffes ainsi faites sur le flanc de la larve sont délicates à réaliser; le transplant n'est en rapport avec l'hôte que par la peau de celui-ci. Il n'y a pas de tissu sous-jacent qui maintienne suffisamment le greffon et aide la cicatrisation.

Si ces circonstances occasionnent un assez grand nombre de résorptions et de cas douteux, elles fournissent une extrême certitude dans l'observation des processus évolutifs.

En moyenne, 15 jours après l'opération, on voit l'ébauche se détacher légèrement de son support, s'incliner sur un côté, libérant ainsi presque complètement sa surface basale.

Le greffon s'allonge et bientôt, se forme, à partir de cette partie basale, une seconde ébauche, qui prend, généralement, la même importance que celle qui lui a donné naissance.

Les deux membres qui en résultent sont reliés par leur extrémité proximale commune, ils représentent les deux branches d'un V, dont la pointe, pendant toute la suite du développement, n'est reliée au flanc de l'hôte que

par un simple pédicule dermique. A l'intérieur de celui-ci, on trouve une innervation et une vascularisation.

Ce processus spécial d'extériorisation de la formation double ne se retrouve pas dans l'évolution des bourgeons de membres greffés par Harrison et Swett, chez l'embryon d'Amblystome. Les transplantations y ont été effectuées à un stade beaucoup plus jeune; le greffon est placé sur un tissu mésodermique consistant et reste entièrement en contact par sa base avec le flanc de l'hôte.

2° Pour réaliser des conditions assez semblables, j'ai procédé à une nouvelle série d'expériences, toujours avec le même matériel, en greffant les ébauches sur la région musculaire de la queue. Le transplant est alors en relation plus intime avec son support. Les diverses combinaisons d'orientation ont été maintenues.

Les 11 greffes ainsi effectuées ont donné 11 résultats positifs. Les duplications réalisées dans les 11 cas se sont établies, sans égard, avec l'orientation, identiquement aux résultats des premières expériences.

En conclusion : l'ébauche transplantée, du membre postérieur du Crapaud accoucheur, se dédouble indépendamment de tout changement d'orientation. Le processus de duplication s'effectue suivant le mode de « Régénération proximale » décrit par Przibram.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur la diffusion par la peau humaine de radiations visibles et de l'ultraviolet.* Note de M. **Th. Kofman**, présentée par M. A. Desgrez.

Pour l'étude quantitative de la diffusion par la peau humaine de diverses radiations, nous nous sommes servi des propriétés des cellules photo-électriques en utilisant le pouvoir sélectif de chacune d'elles : cellule à Cu^2O pour le spectre visible, cellule au cadmium à enveloppe en quartz pour l'ultraviolet (3000 Å).

1° *Lumière blanche.* — Comme source de lumière blanche constante et bien définie, nous avons utilisé une lampe Joga fonctionnant sous 6 volts et 24 watts. Le détecteur photo-électrique était directement réuni, sans amplification, aux bornes d'un galvanomètre de Nobili à fil fin de 200 ohms de résistance et ayant une sensibilité de $0,5.10^{-6}$ amp.

Les diverses surfaces cutanées étaient localisées et limitées en plaçant une même région du membre examiné derrière un écran métallique à ouverture

variable pour réaliser une surface aussi homogène et aussi plane que possible. Dans ces conditions, le faisceau lumineux incident pouvait occuper tous les azimuts. On pouvait également substituer à la surface cutanée des plans d'autres corps.

Des mesures faites en dirigeant la cellule réceptrice selon un axe perpendiculaire à la surface de la peau nous ont montré que toutes les conditions expérimentales étant égales, la diffusion par la surface cutanée est très faible : comparée à celle d'un miroir argenté, elle serait environ 75 fois plus faible, et à celle d'un papier blanc d'écolier, seulement 3 fois plus faible.

Cette diffusion est en outre variable avec les diverses régions : la face antérieure glabre de la peau diffusant environ 2 fois plus de lumière que la face postérieure du même segment de membre. L'état pigmentaire de la peau ne semble pas jouer un rôle très marqué. Des mesures faites dans les mêmes conditions, avec la peau d'un homme très blond ou très brun, n'ont pas présenté des différences appréciables. Seul, avec la peau d'un nègre (Sénégalais 23 ans), le rayonnement diffusé a été 3 fois plus faible que pour celle d'un homme blanc.

Les divers enduits graisseux ou huileux ne modifient pas le pouvoir diffusif de la peau.

2° *Ultraviolet.* — L'expérimentation dans l'ultraviolet a été effectuée au moyen d'un brûleur à vapeur de Hg fonctionnant sous un régime constant de 150 volts aux bornes et 1,8 amp. d'intensité. Les divers plans cutanés étaient maintenus et localisés comme précédemment. Grâce à un diaphragme circulaire et deux lentilles sphériques en quartz, on projetait sur les surfaces d'examen un faisceau cylindrique incident bien homogène dont on pouvait faire varier la section. Pour des raisons expérimentales, l'axe de ce faisceau lumineux faisait 45° avec les surfaces à examiner et le récepteur photo-électrique était placé sur le trajet des rayons réfléchis. Celui-ci était directement réuni par sa cathode bien isolée à la feuille d'un électroscope à capacité constante, tandis que l'anode était reliée au sol. Le temps de chute du fil de l'électroscope pour une même graduation de l'échelle micrométrique nous donnait une mesure relative de la quantité de rayons ultraviolets décelée par la cellule photo-électrique au cadmium.

Dans ces conditions, comme avec la lumière du spectre visible, la diffusion de la peau pour les rayons ultraviolets varie légèrement avec son état plus ou moins glabre; de même, les diverses pigmentations entrent peu en ligne de compte. C'est ainsi que, pour une même région de peau

d'un homme blond, brun ou nègre, la quantité des rayons diffusés peut s'exprimer par les nombres relatifs 107, 103, 100. La peau d'un nègre diffuse donc un peu moins d'ultraviolet que la peau d'un blanc.

Par contre, les diverses surfaces cutanées, indépendamment de leur pigmentation, mais enduites de corps lubrifiants (huile d'olive, huile de vaseline, huile de coco), se comportent vis-à-vis des rayons ultraviolets tout autrement qu'avec la lumière du spectre visible. Ainsi enduites, leur pouvoir diffusif est considérablement augmenté pour les rayons ultraviolets.

Voici le résultat d'une expérience avec l'huile d'olive ordinaire :

		Temps de chute du fil de l'électroscope.	
		Peau nue.	Peau huilée.
Face antérieure de l'avant-bras.	Homme blanc......	42 secondes	4 secondes
	Homme nègre......	47 »	4 »
Face postérieure de l'avant-bras.	Homme blanc......	105 »	10 »
	Homme nègre......	115 »	10 »

Une mince pellicule d'huile a eu pour effet d'augmenter la diffusion de la peau pour les rayons ultraviolets et de la rendre 10 fois plus grande. Le pouvoir absorbant de cette mince couche d'huile est très faible. Nos mesures nous ont montré qu'il est à peine du 1/8ᵉ de l'énergie incidente.

Conclusions. — En somme, aussi bien pour la lumière du spectre visible que pour l'ultraviolet moyen (3000 Å), il n'existe pas de grosses variations entre le pouvoir diffusif de la peau des diverses pigmentations; on note seulement que plus la pigmentation est accusée, moins la diffusion est grande : le nègre diffuse moins que le blanc et absorbe davantage par conséquent. De même, l'état plus ou moins glabre de la peau favorise l'intensité de diffusion.

Mais, alors qu'une légère couche d'huile paraît peu modifier la diffusion en lumière blanche, elle joue par contre le rôle d'un véritable réflecteur pour les rayons ultraviolets. C'est à cette propriété qu'on peut attribuer, en partie tout au moins, l'effet protecteur des enduits huileux contre les érythèmes solaires.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Action de rayons X monochromatiques de longueur d'onde différente sur l'œuf d'*Ascaris. Note de M. **A. Dognon**, présentée par M. A. Desgrez.

J'ai précédemment apporté ici [1] le résultat de recherches exécutées sur le même matériel biologique avec des rayonnements dont la longueur d'onde s'échelonnait de 0,7 à 2,25 Å, et montré qu'à partir d'un certain moment, l'action biologique croissait avec la longueur d'onde dans une mesure importante.

Ces recherches ont été étendues vers les grandes longueurs d'onde jusqu'au rayonnement caractéristique L de l'argent (3,8 à 4 Å). Ce rayonnement est obtenu d'une façon remarquablement homogène en excitant sous 5200 volts continus une anticathode d'argent, la fenêtre du tube étant fermée par une feuille de cellophane de 15^{μ}, intérieurement doublée d'une feuille d'argent de 5^{μ}. Le coefficient massique d'absorption de l'air est de 135 (demi-absorption par 41^{mm} d'air et par 35^{μ} de cellophane).

L'œuf d'*Ascaris* ayant un rayon total d'environ 45^{μ} les corrections d'absorption deviennent importantes. J'ai supposé dans le calcul que la substance sensible, de volume négligeable, était rassemblée au centre de la cellule, et que, par conséquent, une épaisseur de matière égale au rayon de l'œuf intervenait comme un écran. La correction correspondante est automatiquement faite en interposant entre la préparation et la chambre d'ionisation, au moment de la mesure, un écran équivalent (35^{μ} de cellophane et 1^{cm} d'air).

La mesure est effectuée avec une chambre d'ionisation conique, à électrode axiale, munie d'une ouverture d'entrée de 8^{mm} de diamètre. La plus grande attention doit être apportée à l'existence d'une bonne saturation, difficile à réaliser avec ces rayonnements très absorbables.

En raison de l'affaiblissement de la radiation dans l'épaisseur de la chambre (10^{cm}), l'intensité du courant d'ionisation doit être deux fois plus petite avec la radiation de 4 Å qu'avec celle de 1,54 A (K_{α} du cuivre) qui sert de terme de comparaison. On a ainsi des énergies égales absorbées par la zone sensible.

Dans les conditions de filtration et de tension plus haut indiquées, et

---

(1) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2336.

avec une intensité de 15 mA, les préparations étant placées à 35^{mm} environ du foyer, les courbes complètes du pour cent de lésions en fonction de la dose sont obtenues avec des durées d'irradiation allant de 30 à 180 secondes.

Résultats et discussion. — L'étude comparée de ces courbes pour les deux radiations 1,54 et 4 Å montre que cette dernière est biologiquement nettement plus active. Le rapport des actions, c'est-à-dire le rapport inverse des quantités de rayonnement qui donnent la même proportion de lésions, est compris entre 1,5 et 2. Les lésions elles-mêmes présentent les mêmes caractères morphologiques.

Cette augmentation de l'efficacité biologique de l'énergie électronique correspondant aux rayonnements de grande longueur d'onde est conforme à la plupart des résultats actuels. On peut tenter de l'expliquer par la considération du trajet des électrons ionisants, qui, à mesure que la longueur d'onde diminue, dépassent de plus en plus les limites de la zone sensible. Il faut alors faire intervenir le bilan des échanges électroniques entre cette zone sensible et le protoplasme qui l'entoure.

Dans le cas particulier de l'œuf d'*Ascaris* dont les dimensions sont relativement grandes, la différence observée entre l'action des deux radiations étudiées disparaîtrait à peu près complètement si l'on considérait que l'action du rayonnement, au lieu d'être localisée à une région nucléaire centrale, pouvait s'exercer sur une région superficielle du protoplasme.

Dans ce cas, en effet, le rayon du protoplasme cellulaire ne peut plus être considéré comme une épaisseur absorbante et les intensités actives, dans le cas du rayonnement de 4 Å doivent être majorées de 50 pour 100.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action du formol sur l'émulsine et l'invertine.* Note de MM. **M. Mascré** et **R. Paris**, présentée par M. Béhal.

L'action inhibitrice du formol sur de nombreuses diastases a été établie ou étudiée, entre autres auteurs, pour l'émulsine : par Bourquelot et Danjou [1], pour l'invertine : par Euler, par Myrbäck [2]. C'est à l'étude de cette action que nous avons consacré les expériences suivantes :

I. L'émulsine a été préparée suivant la technique de M. Hérissey [3].

---

(1) *C. R. Soc. Biol.*, 61, 1906, p. 422.

(2) H. V. Euler et K. Myrback, *Zeits. f. physiol. Chem.*, 125, 1923, p. 296; Myrback, *Zeits. f. physiol. Chem.*, 158, 1926, p. 160.

(3) *Recherches sur l'émulsine. Th. Doct. Univ.* (*Pharm.*), Paris, 1899.

Nous l'avons fait agir sur le salicoside et sur le méthylglucoside en présence de doses variables (2, 5, 10 pour 100) d'une solution de formol renfermant 32,5 pour 100 d'aldéhyde formique, neutralisée par CO^3Ca. On a comparé les variations de la déviation polarimétrique à celles de témoins de même concentration en glucoside et en ferment. Pour des doses de 0,65 pour 100, 1,625 pour 100, 3,25 pour 100 de H.CHO, la réaction apparaît complètement bloquée au bout de 48 heures, ce qui confirme les résultats de Bourquelot et Danjou. En réalité, cet arrêt est réalisé au cours de la deuxième heure et n'est qu'apparent : l'hydrolyse se poursuit très lentement pendant un mois au moins, sans être jamais complète (30 pour 100 environ, du glucoside, sont hydrolysés, après un mois, en présence de 3,25 pour 100 de H.CHO).

Il n'y a donc pas destruction de la glucosidase. Par précipitation alcoolique, nous avons récupéré le ferment ayant agi pendant 4 jours, en présence de formol, sur le salicoside. Le ferment récupéré hydrolyse en 5 jours le salicoside que l'émulsine neuve hydrolyse en deux jours. La perte d'activité est un peu supérieure à celle que l'on constate chez une émulsine ayant agi en milieu aqueux et régénérée dans les mêmes conditions.

En milieu alcoolique (70°) l'addition de formol retarde l'hydrolyse par rapport au témoin; son action retardatrice est moins marquée qu'en milieu aqueux. L'addition de formol augmente relativement peu le ralentissement dû à la seule présence de l'alcool. Nous avons constaté la même action, en milieu méthylique, en effectuant la synthèse biochimique du β-méthylglucoside suivant la technique de Bourquelot et Bridel [1]. Ici encore, elle est moins accentuée que dans l'hydrolyse en milieu aqueux.

Enfin, nous avons fait intervenir le formol au cours même de la préparation de l'émulsine : soit en précipitant le macéré aqueux d'amandes, privé de caséine, par l'alcool renfermant 3,25 pour 100 de H.CHO, soit en faisant macérer les amandes dans de l'eau renfermant 3,25 pour 100 de H.CHO et terminant l'opération à la manière habituelle. Les émulsines ainsi préparées se sont montrées presque aussi actives que l'émulsine type sur le salicoside, l'amygdaloside, le lactose, le saccharose. La lactase même, qui se montre en général plus fragile que la glucosidase, n'est pas plus altérée que celle-ci.

II. Les expériences faites avec l'invertine (levure de boulangerie simple-

---

[1] *Journ. Pharm. et Chim.*, 7e série, 6, 1912, p. 52.

ment tuée par l'alcool) ont montré la même action empêchante du formol, moins marquée cependant. La récupération de l'invertine, l'emploi d'alcool formolé dans sa préparation ont donné des produits presque aussi actifs que l'invertine type.

III. Afin d'étudier, si possible, le mécanisme du phénoméne. nous avons mis l'émulsine ou l'invertine en contact avee le formol et nous avons déterminé à divers intervalles : l'acidité libérée (formol titration de Sörensen), le pH, et dosé le formol par précipitation à l'aide du dimédon en vue de doser, par différence, le formol fixé par les ferments.

L'addition de formol provoque une libération immédiate d'acide; mais le maximum d'acidité libéré n'est atteint qu'après 12 heures au moins, alors qu'il l'est immédiatement pour des solutions de peptones ou d'acides aminés. Le pH est modifié en même temps; il passe immédiatement, dans le cas de l'émulsine, de 6,8 à 5,6, pour se fixer, après 12 heures environ, à 5,3. Cette variation ne peut être la cause de l'arrêt d'hydrolyse observé, car l'émulsine agit parfaitement dans cette zone d'acidité. En dosant, par précipitation avec le dimédon, le formol demeuré libre après un contact de trois jours avec l'émulsine, on retrouve la totalité du formol initial. Il n'y a donc pas eu fixation ou combinaison irréversible du formol, comme dans le cas des toxines ou des bouillons microbiens, étudié récemment par Velluz [1].

L'ensemble des faits nous amène à penser que le formol agit en faisant subir aux ferments étudiés des modifications réversibles d'ordre physique, en provoquant, vraisemblablement, le gonflement des micelles diastasiques, d'où résulterait la diminution de leur activité. Le phénomène ne va pas jusqu'à l'insolubilisation complète, puisque l'on obtient de l'émulsine active par macération des amandes dans l'eau formolée. Cette conception paraît plus probable que celle de « méthylène-ferments », qui seraient, en tout état de cause, peu stables. Ainsi, l'action inhibitrice du formol s'apparenterait à celle de l'alcool ou de l'acétone; elle est plus énergique que celle-ci.

---

(1) *C. R. Soc. Biol.*, **111**, 1932, p. 289.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la fixation de l'azote atmosphérique par les bactéries des légumineuses.* Note de M. **H. Burgevin**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

On estime généralement que les composés azotés facilement assimilables exercent une influence défavorable sur la fixation de l'azote par les bactéries des nodosités des légumineuses. D'où la conclusion pratique que les engrais azotés, non seulement sont inutiles pour les légumineuses, mais ont encore pour effet de déprimer la faculté de ces plantes d'utiliser l'azote atmosphérique. Cependant l'observation a souvent indiqué que des doses modérées d'engrais azotés exerçaient une action favorable sur le rendement des légumineuses.

Disposant d'un terrain largement pourvu des bactéries que l'on regarde comme spécifiques pour les légumineuses de nos régions, mais dans lequel le soja ne développe de nodosités qu'après inoculation avec une race de *Bacterium radicicola* Beij. spécifique du soja, sol stérile par conséquent à l'égard de ce microorganisme sans avoir subi aucun traitement susceptible de modifier son état naturel, nous avons utilisé ces conditions exceptionnelles pour étudier comment se comportent, au point de vue de la fixation de l'azote, les bactéries des légumineuses en l'absence et en présence de doses croissantes d'engrais azotés. Il a été institué, avec la terre dont il s'agit, terre de limon légèremeut acide et de fertilité moyenne, deux séries de cultures en vases de végétation suivant la technique bien connue de ces sortes d'essais.

Chaque série, en dehors d'une fumure apportant $0^g,60$ de P^2O^5 du phosphate précipité minéral et $0^g,50$ de K^2O du sulfate de potassium avec 20^g de craie broyée, a reçu un apport d'azote aux doses de $0^g,25$, $0^g,50$ et $0^g,75$ sous forme de nitrate d'ammoniac, par vase contenant 10^{kg} de terre. L'une des séries a été inoculée avec une culture de *B. radicicola* spécifique du soja (Radicin Institut à Westerrade), l'autre série n'a pas été inoculée. Graine et sol ont été inoculés, le sol par arrosage avec une suspension dans l'eau d'une partie de la culture, la graine par trempage dans cette même suspension et enrobage dans le carbonate de calcium suivant la technique de Gutschy [1]. Le soja utilisé a été la variété Noir de Tokio (Vilmorin). Le semis a eu lieu le 25 avril 1932. On a laissé cinq pieds par vase.

La végétation a donné lieu aux observations suivantes :

---

[1] *Ann. Agr.*, nouv. série, 1, 1931, p. 540.

Jusqu'au 1er juillet, les plantes se développent normalement, aucune différence n'apparaît. Dès le 8 juillet, la série sans bactéries paraît moins verte. L'effet des doses croissantes d'azote est visible. Les différences s'accentuent et, vers la fin de juillet, la série sans bactéries marque un développement croissant avec la quantité d'azote apportée, mais aussi un jaunissement très sensible. La série avec bactéries est partout très verte et très vigoureuse. Puis le jaunissement des séries sans bactéries s'accentue; il est très marqué, mais d'autant moins que la dose d'azote est plus élevée. A la fin de la période de végétation, les feuilles prennent une teinte violacée. La fructification est très défectueuse. Au contraire, la série avec bactéries, avec ou sans addition d'azote, conserve jusqu'au bout une couleur vert foncé avec une très grande vigueur et montre une fructification normale. A la récolte (15 octobre), on vérifie la présence de nombreuses et volumineuses nodosités sur les racines dans chacun des vases inoculés et leur absence dans tous les autres.

Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

	Récolte.	Grain.	Feuilles et tiges.	N % dans le grain.	N % dans feuilles et tiges.	Azote dans la récolte.
Sans bactéries, sans azote........	56,8 ± 0,75	2,45	54,35	4,23	0,70	0,483
Sans bactéries + 0,250 azote.....	77,7 ± 1,98	2,9	74,8	4,62	0,735	0,683
Sans bactéries + 0,500 azote.....	103,4 ± 1,83	3,4	100	4,30	0,695	0,841
Sans bactéries + 0,750 azote.....	125,8 ± 2,37	6,90	118,9	4,25	0,69	1,113
Avec bactéries, sans azote.......	155,7 ± 1,70	32,1	123,6	6,55	1,41	3,844
Avec bactéries + 0,250 azote....	165,1 ± 1,56	29,25	135,85	6,60	1,61	4,117
Avec bactéries + 0,500 azote....	174,5 ± 2,33	35,25	139,25	6,50	1,44	4,324
Avec bactéries + 0,750 azote....	174,9 ± 1,64	35,75	139,15	6,60	1,51	4,460

	Sans N.	0,250 N.	0,500 N.	0,750 N.
Quantité d'azote dans la plante (en grammes) — avec bactéries..............	3,844	4,117	4,324	4,460
Quantité d'azote dans la plante (en grammes) — sans bactéries..............	0,483	0,683	0,841	1,113
Azote fixé..........	3,361	3,434	3,483	3,347

Dans la série inoculée, la fixation de l'azote a été très importante. Elle n'a pas été influencée d'une façon sensible par l'apport d'une fumure azotée.

Dans chaque série, la plante a bien utilisé l'azote des engrais azotés.

Dans la série inoculée, l'utilisation de l'azote minéral et celle de l'azote atmosphérique se sont superposées. La spécificité pour le soja de la race de *B. radicicola* employée s'est parfaitement vérifiée. Les plantes inoculées se

sont montrées dans un bien meilleur état physiologique que les plantes non inoculées, tant au point de vue de la teneur en matières azotées que de la fructification.

En résumé, ces résultats montrent que la fixation symbiotique de l'azote n'est pas, dans les conditions naturelles du sol, sensiblement influencée par l'apport d'engrais azotés, même à des doses relativement élevées. La pratique qui consiste à apporter aux légumineuses une petite quantité d'engrais azotés pour favoriser leur premier développement est donc rationnelle et ne risque pas de diminuer la fixation ultérieure par la plante d'azote emprunté à l'atmosphère.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *L'influence de l'oxygène sur la fermentation alcoolique*. Note de MM. **A. J. Kluyver** et **J. C. Hoogerheide**, présentée par M. G. Bertrand.

Selon la théorie classique de Pasteur, « la fermentation est la vie sans air ». Il s'ensuit que, en présence de l'oxygène, la vitesse de l'acte fermentatif doit être diminuée. La démonstration très nette de ce fait a été fournie il y a quelques années par O. Meyerhof (¹).

Les résultats signalés par le physiologiste allemand viennent d'être révoqués en doute par Fr. Windisch (²). Cet auteur, à l'aide d'une méthode macrométrique qu'il préfère à la méthode micromanométrique employée par Meyerhof, arrive à des résultats nettement opposés. Nous laisserons ici de côté les observations fort intéressantes signalées par Windisch et qui se rapportent à l'influence qu'exerce sa méthode de culture sur le pouvoir respiratoire et le pouvoir fermentatif de la levure. Nous examinerons seulement ici ses résultats relatifs à l'action directe de l'oxygène sur la vitesse de la fermentation.

Pour Windisch, l'absence de l'air n'exercerait aucune action favorable sur la fermentation provoquée par les cellules de levure une fois formées et non proliférantes, comme l'exige la théorie de Pasteur. C'est là une conclusion grosse de conséquences qui mérite d'être examinée de près.

Il est frappant que Windisch n'ait fait connaître aucune tentative pour expliquer la divergence entre ses propres résultats et ceux qu'a obtenus

(¹) *Biochem. Zeitschr.*, 162, 1925, p. 43.
(²) *Journ. Inst. of Brewing*, 37, 1931, p. 561; *Biochem. Zeitschr.*, 246, 1932, p. 332.

Meyerhof. Or, un examen minutieux des conditions dans lesquelles ont opéré les deux auteurs nous a appris que ces conditions étaient nettement distinctes. La différence consiste en ceci : dans la méthode micrométrique employée par Meyerhof, le milieu dans lequel la fermentation a lieu reste *saturé* d'oxygène, qui est présent en grand excès pendant toute la durée de l'expérience. Dans les expériences de Windisch, au contraire, la quantité d'oxygène qui traverse le milieu en fermentation est très restreinte.

Est-ce bien là la cause des divergences signalées?

Pour répondre à cette question, nous avons procédé aux expériences suivantes. Tout d'abord, nous avons étudié, à l'aide de la méthode micromanométrique la façon de se comporter d'une levure pressée du commerce. Les chiffres ci-après montrent nettement que, dans le cas de cette levure, la présence de l'oxygène diminue la vitesse de la fermentation, comme l'a bien indiqué Meyerhof (¹).

Q_{O^2}.	$Q_{CO^2}^{N^2}$.	$Q_{CO^2}^{O^2}$.
113,2	279,7	88,1

La même levure a été étudiée ensuite à l'aide d'un appareil semblable à celui employé par Windisch, mais modifié de telle sorte qu'il permet de maintenir des conditions constantes pendant toute la durée de l'expérience, ce qui est nécessaire pour être en mesure d'exprimer les résultats d'une manière analogue à celle de Meyerhof.

Voici les résultats d'une de ces expériences :

Q_{O^2}.	$Q_{CO^2}^{N^2}$.	$Q_{CO^2}^{O^2}$.
14,5	236,7	247,3

On voit que, dans cette expérience, la présence de l'oxygène n'a pas diminué le pouvoir fermentatif de la levure; on a enregistré même un léger effet favorable de ce gaz. Le résultat est donc conforme à ceux qu'a

(¹) Q_{O^2} (quotient de respiration) indique le nombre de millimètres cubes d'oxygène consommés pendant une heure par une quantité de levure correspondant à 1^{mg} de levure à l'état sec; $Q_{CO^2}^{N^2}$ exprime le nombre de millimètres cubes de CO^2 dégagés dans le même intervalle de temps par le même poids de levure dans une atmosphère de N^2, alors que le signe $Q_{CO^2}^{O^2}$ indique le nombre de millimètres cubes de CO^2 dégagés dans les mêmes conditions dans une fermentation qui s'effectue en présence de l'oxygène. Ce dernier chiffre est obtenu en déduisant la quantité de CO^2 provenant de la respiration (adoptant un coefficient respiratoire $= 1$) de la quantité totale de CO^2 produite.

indiqués Windisch. En fait, l'expérience a été effectuée dans les mêmes conditions que celles de cet auteur (concentration du milieu en sucre 2,5 pour 100; 0,5 pour 100 de levure; durée : 2 heures; quantité d'air passée au cours de l'essai : 200$^{cm^3}$).

Les choses se passent tout autrement si l'on augmente la quantité d'oxygène qu'on offre à la levure et qu'on diminue la quantité de celle-ci. Dans ces conditions, les mesures faites par voie macrométrique (méthode de Windisch) se rapprochent de plus en plus de celles que fournit la méthode micromanométrique de Meyerhof.

Voici à titre d'exemple une série d'expériences qui mettent ce fait en évidence avec toute la netteté désirable :

Méthode.	Quantité d'air offerte.	Concentration en levure pour 100.	Q_{O^2}.	$Q^{N^2}_{CO^2}$.	$Q^{O^2}_{CO^2}$.
Macrométrique...........	200$^{cc^3}$	2,5	14,5	236,7	247,3
»	440	1,0	72,0	297,1	240,4
»	495	0,5	78,8	304,5	243,7
Micrométrique...........	(saturé)	0,5	87,2	348	196,7

Les expériences de Windisch ne diminuent donc en rien la valeur de la théorie classique de Pasteur, ni la démonstration très nette qu'en a donnée Meyerhof à l'aide de sa méthode micromanométrique.

La séance est levée à 15^{h}20^m.

E. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances du mois de janvier 1933.

Annuaire pour l'an 1933, publié par le Bureau des Longitudes. Paris, Gauthier-Villars et Cie; 1 vol. 14cm,5.

Propriétés générales des groupes discontinus, par Th. Got. In *Mémorial des sciences mathématiques*, fasc. LX. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1933; 1 fasc. 25cm,5.

Discussion sur l'évolution de l'Univers, traduction et avant-propos par Paul Couderc. D'après le Rapport du Meeting du Centenaire de l'Association britannique pour l'avancement des sciences (Londres 1931). Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1933; 1 vol. 20cm,5.

Canalisation du Secteur des cataractes du Bas-Danube. II. *Barrages. Écluses. Usines hydro-électriques*, par Grégoire C. Vasilesco. Bucarest, Imprimerie Nationale, 1932; 1 vol. 23cm.

Les Arachnides (Scorpions, Araignées etc.), par Lucien Berland. In *Encyclopédie entomologique*, Série A. XVI. Paris, Paul Lechevalier et fils, 1932; 1 vol. 25cm,5. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

Table des matières du volume IX, des *Tables annuelles de constantes et données numériques de Chimie, de Physique, de Biologie et de Technologie*, rédigée par G. Kravtzoff. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1932; 1 vol. 28cm.

Précis de Zoologie, par Aug. Lemeere. Tome III, fasc. 2. *Les Arthropodes (Caractères fondamentaux). Les Arachnomorphes.* Bruxelles, H Cauwenberg, 1933; 1 vol. 26cm,5.

La lumière dans la projection cinématographique, par Jacques Marette. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1933; 1 vol. 20cm. (Présenté par M. L. Lumière.)

Le professeur Maurice Alliaume (1882-1931), par Aug. Collard. Extrait du *Bulletin* no 1, 1932, *de la Société belge d'Astronomie, de Météorologie et de Physique du Globe.* Bruxelles, établissements d'imprimerie « l'Avenir », 1932; 1 vol. 24cm.

Oïdie haploïdes et diploïdes sur Mycélium diploïde chez « Pholiota aurivella » Batsch, par R. Vandendries et P. Martens. Bruxelles, Marcel Haez, 1932; 1 fasc. 25cm.

La tétrapolarité sexuelle de Pleurotus Columbinus. Démonstration photographique d'un tableau de croisements, par René Vandendries. Extrait de *La Cellule.* Tome XLI, fasc. 3, 1932; 1 fasc. Louvain, C, Uystpruyst; 1 fasc. 29cm,5.

Guide pour l'étude expérimentale du sol, par Albert Demolon, et Désiré Leroux. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1933; 1 vol. 21cm.

(*A suivre.*)

ERRATA.

(Séance du 19 décembre 1932.)

Note de MM. *Charles Achard* et *Augustin Boutaric*, Quelques recherches physico-chimiques sur les suspensions préparées à partir des protéines séparées du sérum par la méthode dite à l'acétone.

Page 1197, ligne 9, *au lieu de* liquides, *lire* lipides.

(Séance du 9 janvier 1933.)

Note de M. *J. Colomb*, Sur le planisphère d'Amsler.

Page 94, ligne 13, *au lieu de* $r' < r$, *lire* $r' > r$.
Page 95, ligne 12, *au lieu de* $=[R^2-(r+r')^2]$, *lire* $=-[R^2-(r+r')^2]$.

Note de M. *L. Lecornu*, Sur la rotation variable d'un solide de révolution :

Page 75, ligne 7 en remontant, *au lieu de* position de l'ellipsoïde, *lire* portion de l'ellipsoïde.

Page 76, lignes 12 et 13, *au lieu de* diamètre, *lire* rayon; ligne 14, *au lieu de* $\alpha\sqrt{3/2}$, *lire* $a\sqrt{3/2}$.

Note de MM. *P. Carré* et *D. Libermann*, Sur l'acide α-phényl-γ-oxybutyrique et sa lactone :

Page 117, lignes 2 et 7 en remontant, *au lieu de* 10^{mm}, *lire* 19^{mm}.

(Séance du 16 janvier 1933.)

Note de MM. *G. Darzens* et *André Lévy*, Nouvelle méthode de synthèse d'aldéhydes aliphatiques α.α-diméthylées de poids moléculaire élevé :

Page 184, dans le titre, *au lieu de* LERY, *lire* LÉVY.

(Séance du 23 janvier 1933.)

Note de M. *King-Lai Hiong*, Sur les fonctions méromorphes d'ordre infini :

Page 240, ligne 14, *au lieu de* $\varepsilon = \varepsilon\varphi(x)$, *lire* $\varepsilon = \varepsilon(\varphi(x))$.
Page 241, ligne 9 *au lieu de* $n(r, \alpha) < r^{\rho(r)^{1-\varepsilon}}$, *lire* $n(r, \alpha) < r^{\rho(r)^{1+\varepsilon}}$.

Note de M. *Maurice Piettre*, Floculation, dans l'organisme, des colorants, colloïdes artificiels chimiquement définis :

Page 299, lignes 7 et 8 (à partir du bas), *au lieu de* protoforme, *lire* protoplasma.

(Séance du 30 janvier 1933.)

Note de M. *J. Costantin*, Essai d'une théorie expliquant le rôle des mycorhizes de la Canne :

Page 316, ligne 9 (à partir du bas), *au lieu de* Ce traitement est efficace. *lire* Ce traitement n'est pas efficace.
Page 318, ligne 5, *au lieu de* mycorhyzes, *lire* mycorhizes.

Note de M. *J. Raymond*, Sur la formation du périthèce chez *Microsphæra quercina* (Schw.) Burr. :

Page 369, première ligne, *au lieu de* organe, *lire* ascogone.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 FÉVRIER 1933.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES RICHET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *Résumé historique se rapportant à la genèse des conceptions sur la dégénérescence des plantes cultivées.* Note de M. J. COSTANTIN.

Je vais tâcher de mettre en lumière le rôle glorieux des savants hollandais dans l'étude du difficile problème de la dégénérescence.

On ne sait pas combien la part de Treub a été grande dans les premières recherches sur ce sujet. Quand, en 1880, l'illustre directeur du Jardin botanique de Buitenzorg partit pour Java, il avait la ferme intention d'étudier la question de la germination des spores de Lycopodes qui intriguait depuis longtemps les botanistes européens; posé depuis 1830, ce problème dont la solution fut ébauchée en 1855 par de Bary était restée sans réponse.

Ce dernier avait eu sans doute connaissance des travaux des horticulteurs français et anglais (¹) qui étudiaient un problème analogue sur les Orchidées et l'avaient résolu empiriquement.

Treub montra, par une technique malheureusement un peu imparfaite, que l'intervention d'un Champignon, qu'il appela *Pythium*, était indispensable pour déclencher la germination des spores de Lycopode.

(¹) J. COSTANTIN, *La vie des Orchidées* (*Bibl. de cult. générale*, 1917, p. 98 et 171). Deux horticulteurs français doivent être signalés à ce sujet : Noisette (en 1835), Neumann, chef des serres du Muséum (en 1845); un horticulteur anglais, Domini, ouvrier travaillant dans les serres de Veitch (en 1855), avait eu de beaux résultats.

Bien plus tard, de 1900 à 1909, Noël Bernard fit quelque chose d'analogue pour la germination de ces graines d'Orchidées, si petites qu'elles ressemblent presque à des spores de Cryptogame. Sa technique était très savante et sa rigueur irréprochable : son travail est certainement très important pour la science botanique française.

Par les expériences de Treub sur les Lycopodes et par celles de Noël Bernard sur les Orchidées, la conception de la symbiose a été établie sur une base indestructible.

Jusqu'ici on ne voit aucun lien avec la dégénérescence. En 1883, éclate l'épidémie du Séreh à Java, qui compromet la fortune de la Hollande et Treub est nommé directeur du Département de l'Agriculture des Indes néerlandaises pour la combattre. Dès 1885, il trouve dans les racines malades de Canne un *Pythium* semblable à celui du Lycopode; il en fut très surpris, mais le fait est confirmé par Soltwedel et par M. Krüger. Cependant, en 1891, M. Tschirch montre qu'il s'agit d'un Champignon symbiotique qui n'est pas la cause du Séreh.

En 1926, j'établis ([1]) que le genre *Lycopodium* est essentiellement montagnard, fait qui avait échappé à de Bary et à Treub. A une date tout à fait récente ([2]) je montre comment agissent les mycorhizes qui luttent contre la dégénérescence de la Canne.

Je viens de parler d'une connexion entre les Lycopodes et l'altitude, Soltwedel (de 1885 à 1888) en entrevoit une semblable, empiriquement d'ailleurs, entre la Canne et la montagne. Il ne savait pas encore que les *Pythium* des racines étaient symbiotiques. Après 1891, M. Tschirch aurait pu noter un lien entre les mycorhizes d'une part, la cure d'altitude et la résistance au Séreh d'autre part; malheureusement, il ne fit pas ce rapprochement.

Les expériences de M. Kuijper, en 1925, établissent avec une grande précision : qu'en plaine la résistance de la Canne est faible; qu'elle est forte en montagne. Cela tient, selon moi (1933), à deux causes : 1° l'altitude crée la résistance même dans une plante asymbiotique; 2° en outre, la montagne provoque une recrudescence de l'activité de la flore fongique du sol (*Bull. Mus.*, 1926, p. 418 et 419) : les mycorhizes étant plus puissantes, leur virulence est plus forte.

Le lien existant entre les Orchidées et la dégénérescence n'apparaissait pas dans les premières recherches de Noël Bernard. Il a commencé à se montrer dans ses études sur la Pomme de terre. Il ne soupçonna pas cette relation, non plus que M. Magrou son continuateur, parce qu'ils n'étudiaient pas les maladies. Il y a des dégénérescences très importantes de cette plante qui ont été magistralement étudiées par M. Quanjer

([1]) *Bull. du Muséum*, 32, 1926, p. 416 à 419.

([2]) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 315 et 378.

(Enroulement, Mosaïque, etc.). Un autre savant hollandais, M. Botjes, a trouvé la technique permettant d'obtenir des individus sains (1913); il a signalé le premier la Mosaïque douce de la Pomme de terre (1928) : ce sont deux découvertes importantes.

Peu de temps avant sa mort (en 1911), Noël Bernard se procura des échantillons fixés de Pomme de terre sauvages récoltés à 4000^{m} d'altitude dans les Andes; il ne pouvait évidemment soupçonner l'intérêt d'une telle station dont j'ai signalé l'importance en 1922, Mme Bernard et M. Magrou ayant, en effet, décrit dès 1911 les magnifiques mycorhizes du type *Pythium* du *Solanum Maglia*. Nous publiâmes à cette date, M. Magrou et moi, des Notes posthumes importantes.

La connexion existant entre ces mycorhizes de la Pomme de terre, et la cure d'altitude a été prévue par moi depuis 1906; on trouverait la trace de la persistance de cette hypothèse dans mes leçons professées à l'École d'Agronomie coloniale de Nogent-sur-Marne de 1915 à 1927.

D'autres chaînons de ma théorie, encore incomplète avant 1933, apparaissent dans ma Note sur le secret de Java [1], quand j'ai exposé le rôle du type sauvage montagnard de Canne cultivée (le *S. spontaneum*) et de son hybride (Kassoer) avec *Black Chéribon* Jeswiet 1928). Si j'ai aperçu ce que d'autres n'ont pas vu, c'est parce que je suis lamarckien (d'une manière intégrale), doctrine dédaignée bien à tort, je crois.

Enfin c'est Kobus qui a rapporté la fameuse Canne sauvage de l'Inde *Chunnee* dont j'ai mentionné récemment le rôle avec les travaux de M. Van Harreveld sur cette plante (1922).

La montagne et les Champignons symbiotiques ont puissamment contribué au rétablissement économique de Java. Souhaitons que les mycorhizes de la Pomme de terre et du Blé en haute altitude jouent un rôle utile pour notre pays. Un avenir très prochain prouvera si cet espoir a été vain.

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie les portraits que j'ai pu réunir, grâce surtout à M. Went (professeur à Utrecht) et à M. Quanjer (professeur à Wageningen), des savants qui ont été les ouvriers de l'œuvre très importante qui vient d'être exposée dont les noms suivent : MM. Treub, Soltwedel (qui trouva la cure d'altitude), Wakker (premier directeur de l'Institut du sucre à Java), Kobus (deuxième directeur), Van Harreveld (troisième directeur), Went (collaborateur de Wakker), Tschirch (professeur à Berne), Krüger [professeur à Bernburg (Anhalt), Allemagne], Quanjer et Botjes, Jeswiet (chef du service de l'hybridation de l'Institut du sucre, aujourd'hui professeur à Wageningen) et Kuijper (professeur à Gröningue). J'ajouterai celui de Noël Bernard, savant français.

Je compte faire don de cette intéressante collection à mon ancien laboratoire du Muséum.

---

[1] *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 741.

M. **Paul Janet** s'exprime en ces termes :

Je suis heureux de faire don à l'Académie d'un manuscrit de d'Alembert qui m'est tombé entre les mains à la suite d'une vente en librairie il y a une quarantaine d'années, et que j'ai tout lieu de croire inédit.

Ce manuscrit porte comme titre : *Application de ma solution du problème des trois corps à l'orbite des Comètes.* Il est d'une écriture parfaitement nette et élégante. Sa comparaison avec d'autres écrits autographes de d'Alembert ne laisse aucun doute sur son authenticité.

Il porte en marge, à la première page, et d'une autre écriture, les mentions suivantes, dans cet ordre :

Remis le 5 *juillet* 1783.
Déposé le 14 *juin* 1759.
DC.

les initiales DC étant entrelacées.

Ces quelques indications m'ont naturellement suggéré l'idée que ce manuscrit avait dû passer par l'Académie Royale des Sciences aux dates indiquées. Grâce aux recherches faites dans nos archives, recherches pour lesquelles M. Pierre Gauja m'a été d'un précieux secours, je suis arrivé aux conclusions suivantes qui me paraissent avoir un très haut degré de probabilité.

Le rapprochement des écritures, des dates et de nombreuses pièces d'archives que nous possédons, m'a montré que les deux annotations marginales étaient de la main de Condorcet et avaient dû être écrites le même jour, samedi 5 juillet 1783, date d'une séance de l'Académie royale des Sciences (qui en tenait alors deux par semaine, les mercredis et samedis). Les initiales DC, De Condorcet, se retrouvent dans un grand nombre de pièces analogues (¹).

Le procès-verbal de cette séance, dont nous avons la minute écrite en entier de la main de Condorcet, qui remplissait alors les fonctions de secrétaire perpétuel adjoint, contient le passage suivant : « J'ai présenté à l'Académie un carton contenant différents dépôts cachetés; les nos 166, 182, 156, 137, 170, 14, 72, 12, 92, 75, 13, 29, 79 ont été remis à leurs auteurs. »

Des recoupements, dont il serait trop long de donner ici le détail, nous

(¹) Nous avons donc écarté l'hypothèse suivant laquelle DC pouvait signifier dépôt cacheté.

ont amené à penser que le manuscrit en question devait être l'un de ces dépôts et portait probablement le n° 72. Deux objections, dont je ne me dissimule pas l'importance, peuvent être faites à cette manière de voir : la première est que d'Alembert n'assistait pas à la séance du 5 juillet 1783, la seconde que l'annotation de Condorcet se trouve sur le manuscrit lui-même, alors que, semble-t-il, elle aurait dû se trouver sur l'enveloppe cachetée renfermant ce manuscrit.

Quoi qu'il en soit, il restait à rechercher dans quelles circonstances, le 14 juin 1759, d'Alembert avait effectué ce dépôt.

On n'a pas oublié que cette année 1759 a été celle du retour de la Comète de Halley, en retard de près de deux ans sur la date primitivement prévue.

Plusieurs astronomes s'occupèrent de rechercher la cause de ce retard et, si possible, de le calculer; parmi eux, ce fut Clairaut qui poussa le plus loin ses calculs et arriva, dès le mois de novembre 1758, à prédire un retard de 618 jours dont 100 attribuables à l'influence perturbatrice de Saturne, et 518 à celle de Jupiter. Le 14 novembre 1758, il résuma ses travaux dans un discours prononcé à la séance publique de l'Académie royale des Sciences et annonça le passage au périhélie de la comète pour le milieu d'avril suivant, avec une erreur possible d'un mois; cette date fut ramenée plus tard par lui-même au 4-5 avril 1759. On sait que, effectivement, le passage eut lieu le 12-13 mars 1759, ce qui constitua pour Clairaut un succès retentissant (1).

D'Alembert qui, dès 1747, avait, comme Clairaut d'ailleurs, lu devant l'Académie un important Mémoire sur le problème des trois corps (2), semble avoir supporté avec quelque impatience ce remarquable résultat obtenu par son rival qui était son aîné de quelques années seulement. D'où la première phrase du manuscrit que je présente :

« Comme on a cherché à faire entendre dans quelques journaux, sans néanmoins l'oser dire expressément, que des différentes solutions qui ont été données en même temps du problème des trois corps, celle de M. Clairaut était la seule applicable à l'orbite des comètes, je vais démontrer dans ce Mémoire que ma solution s'applique nécessairement à cette orbite. »

---

(1) Voir Clairaut, *Théorie du mouvement des Comètes dans laquelle on a égard aux altérations que leurs orbites éprouvent par l'action des planètes* (Paris, 1790).

(2) Voir *Histoire de l'Académie royale des Sciences*, 1745. On peut être surpris de cette différence de date; mais l'*Histoire* et les *Mémoires de l'Académie* paraissaient souvent plusieurs années après la date marquée.

L'origine de ce document est donc facile à rétablir; la Comète ayant été observée dans tout son éclat en avril et mai 1759 venait de disparaître dans les premiers jours de juin; d'Alembert avait rédigé, probablement à la hâte et en réponse à Clairaut, le manuscrit en question; il ne crut pas devoir le publier tel quel et se contenta, pour prendre date, de le déposer, sous forme de dépôt cacheté, le 14 juin 1759.

En 1761, c'est-à-dire deux ans après, d'Alembert publiait, sous le titre de : « Application de ma solution du problème des trois corps à la théorie des Comètes (1) », un Mémoire beaucoup plus important, de 120 pages environ, dans lequel on peut retrouver quelques formules du présent manuscrit, mais dont la rédaction est entièrement différente et, naturellement, beaucoup plus développée; il est d'ailleurs suivi de deux autres Mémoires, l'un intitulé : « Réflexions sur la comète de 1682 et de 1759 » (2), l'autre sur le « problème des trois corps avec application aux tables de la Lune (3).

Le 5 juillet 1783 le dépôt cacheté était remis à son auteur dont la mort d'ailleurs devait survenir peu après (29 octobre 1783). Le manuscrit dont je fais don à l'Académie dut donc faire partie de la succession du grand savant et philosophe. Par quelle suite de mains a-t-il passé depuis cette époque, c'est ce qu'il est impossible d'élucider.

Nous pouvons, je crois, d'après ce qui précède, le situer assez exactement dans l'histoire de la Science. C'est la première pièce inédite de la polémique célèbre entre d'Alembert et Clairaut à propos de l'application au calcul des Comètes des deux Mémoires de 1747 sur le problème des trois corps, polémique fort ardente sous des formes toujours courtoises, et qui, peut-être, ne fut pas approuvée sans réserve par les contemporains, à en juger par le passage suivant de l'éloge de d'Alembert par Condorcet :

« On pourrait demander ici pourquoi M. d'Alembert n'imita point la tranquillité de M. Euler; et comment, lorsque le mérite d'avoir résolu le problème ne lui était point contesté lorsqu'il ne partageait avec personne ni la gloire d'avoir découvert un principe fondamental de la Mécanique et de l'avoir appliqué soit à la théorie des fluides, soit au mouvement des corps finis, ni celle d'avoir inventé un nouveau calcul, il pouvait mettre tant de prix à la part plus ou moins grande qu'il devait obtenir dans l'honneur de la solution d'un problème moins difficile. Mais il est un effort presque

(1) D'Alembert, *Opuscules mathématiques*, 2, p. 96.
(2) *Loc. cit.*, 2, p. 218.
(3) *Loc. cit.*, 2, p. 239.

impossible à notre faiblesse, celui de supporter tranquillement l'injustice; peut-être le sentiment de nos forces, qui fait souffrir tant de maux avec constance, est-il plus propre à fortifier qu'à détruire ce mouvement de la Nature qu'il ne faut pas confondre avec la vanité ou la jalousie (¹). »

Ce portrait concorde assez bien avec celui que d'Alembert a donné de lui-même, « impatient et colère jusqu'à la violence, tout ce qui le contrarie, tout ce qui le blesse fait sur lui une impression vive dont il n'est pas le maître ».

Tel qu'il est, ce manuscrit mérite-t-il la publication? Je laisse à nos confrères de la section d'Astronomie le soin d'en décider.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Contribution à l'étude de la matière fulminante : évaluation du rapport constant qui existe entre le volume final et le volume initial dans la décomposition progressive à la pression atmosphérique lorsque la température finale est identique à la température initiale.* Note de M. E. **Mathias**.

1. Nous avons montré antérieurement le double mode de décomposition de la matière fulminante (reste d'éclair) : un mode explosif bruyant, et un mode progressif et silencieux permettant à des observateurs attentifs d'étudier le phénomène bien que le temps soit toujours mesuré. La remarque essentielle qu'on est couduit à faire est que la décomposition s'accompagne d'une forte augmentation de volume. Nous avons résumé les choses ainsi :

« *Quand la matière fulminante se décompose, elle augmente notablement de volume; elle est donc le résultat d'une combinaison endothermique avec contraction de volume.*

Par suite : LES HYPOTHÈSES FONDAMENTALES DE NOTRE EXPLICATION SYNTHÉTIQUE DE LA FOUDRE PEUVENT ÊTRE CONSIDÉRÉES COMME SOLIDEMENT ÉTABLIES, la composition de la matière fulminante demeurant toujours inconnue (²). »

La certitude de l'augmentation de volume dans la décomposition de la matière fulminante sous la pression atmosphérique est restée *qualitative*, car les observations étudiées jusqu'ici n'ont jamais comporté d'estimations quantitatives. Il n'en résultait ainsi aucune évaluation, même grossière, du *rapport constant qui existe entre le volume final* V_1 *et le volume initial* V_0

(¹) Condorcet, *Éloge de d'Alembert* (*Histoire de l'Académie royale des Sciences*, 1783, p. 91).

(²) L. Mathias, *Ann. des P. T. T.*, 18, août 1929, § 11 et 12, p. 700-709.

d'une même masse de matière fulminante sous la pression atmosphérique, la température finale étant identique à la température initiale.

Les choses ne se passent jamais dans ces conditions de simplicité théorique. Pratiquement, la décomposition spontanée de la matière fulminante se fait d'abord lentement et silencieusement et aboutit fréquemment, lorsque la vitesse de décomposition est devenue suffisamment grande, à la forme explosive. La décomposition spontanée, progressive et silencieuse, avec une accélération plus ou moins grande, doit être considérée comme le phénomène habituel; en supposant que la décomposition se fasse sous une pression qui demeure grossièrement celle de l'atmosphère, elle affecte nécessairement la forme d'une *détente* quasi adiabatique, la température finale étant beaucoup plus basse que la température initiale. Il en résulte que le volume final V'_1, sous la pression atmosphérique, est notablement plus petit que le volume V_1 qu'on devrait observer, d'où la nécessité d'une correction assez difficile à faire.

2. L'observation suivante va nous permettre de soulever un coin du voile.

« *Phénomène météorologique observé à Courtry* (*Seine-et-Marne*), par MM. Armand Moreau, chef de travaux physiologiques au Muséum d'Histoire naturelle, et Albert Moreau, ancien ingénieur :

Le lundi 6 septembre (1880), un peu avant 8h du soir, nous avons été témoins du phénomène suivant. *Trois fois de suite* une lumière s'est montrée marchant du Nord au Sud, à peu près horizontale, traversant l'air à une hauteur qui nous a paru être d'une centaine de mètres.

Chaque fois le faisceau de lumière s'est terminé dans l'air brusquement, *en changeant de couleur* et prenant une teinte rouge bien accusée. *Cette apparence rouge, qui terminait le faisceau de lumière blanchâtre, avait une longueur triple de sa hauteur.* On pouvait penser à une boule, comme on en a signalé dans les orages, boule de la grosseur d'un très gros boulet *et qui ne prenait sa couleur rouge qu'à la fin de sa course.* Ce phénomène avait l'aspect de deux moitiés d'une boule qui s'écartent en prenant la teinte rouge.

Elles disparurent sans laisser de trace; *nous n'entendîmes aucun bruit;* le Soleil était couché, l'air était bien lumineux dans la région du couchant. Au Nord, il y avait quelques vapeurs ou nuages éloignés donnant des éclairs précurseurs de l'orage qui éclata quelques heures plus tard (nuit du 6 au 7).

Assis sur un banc et regardant directement le Nord, mon frère, placé à ma droite, porta tout à coup son attention vers la gauche, c'est-à-dire vers le

couchant. Je tournai la tête et je vis le phénomène que je viens de décrire. *Il dura environ une seconde;* puis un instant après il se reproduisit de la même façon, et nous cessâmes de l'observer. Ainsi mon frère le vit trois fois et moi deux fois.

On pouvait penser que le fort de Courtry envoyait des lumières électriques; mais cette idée dut être rejetée. Parmi les hypothèses et en raison de l'état orageux du ciel, on peut, avec plus de vraisemblance, rapporter ces apparences à l'électricité (¹). »

3. *Calcul de l'observation précédente.* — Nous admettrons avec le professeur I. Galli, que « la répétition du même phénomène dans la même direction, avec les mêmes caractères de forme, de couleur et de grandeur, au moins approximative, font supposer une persistance invariable de la cause et de toutes les conditions atmosphériques nécessaires » (²).

Le texte doit être compris ainsi : un éclair sphérique initial, de rayon R et de couleur blanchâtre, donne après une seconde de décomposition spontanée silencieuse un volume cylindrique rouge, à extrémités sphériques, de hauteur 2R et de longueur 6R, équivalant à la sphère de rayon R augmentée d'un cylindre droit de même rayon et de hauteur 4R. D'où

$$V'_1 = \frac{4}{3}\pi R^3 + \pi R^2 4R = 4\pi R^3 \frac{4}{3}; \qquad V'_1 = 4V_0.$$

Ramenons maintenant la température à sa valeur initiale. La matière fulminante *pure* se comportant comme un corps *optiquement noir*, sa température sous la pression atmosphérique est déterminée par sa couleur. On peut admettre grossièrement :

$$t_1 \text{ (rouge)} \qquad = 2 \times 273^\circ \text{ C.} = \ 546^\circ \text{ C.}, \qquad 1 + \alpha t_1 = 3,$$
$$t_0 \text{ (blanchâtre)} = 5 \times 273^\circ \text{ C.} = 1365^\circ \text{ C.}, \qquad 1 + \alpha t_0 = 6$$
$$\left(\alpha = \frac{1}{273}\right).$$

On voit que V'_1 doit être doublé et que l'on a : $V_1/V_0 = 8$.

Malgré la grossièreté de l'évaluation des températures centigrades t_0 (*blanchâtre*) et t_1 (*rouge*) de la matière fulminante *pure*, l'ordre de grandeur du rapport V_1/V_0 n'est pas douteux.

(¹) *Bull. hebd. de l'Assoc. scient. de France*, 2ᵉ série, **1**, 1880, p. 408-409.

(²) *Mem. della Pontif. Accad. Rom. dei Nuovi Lincei*, **29**, 1911, p. 8.

En résumé, *lorsqu'une foudre sphérique se détruit à pression atmosphérique constante, sa température finale étant identique à sa température initiale, son rayon double, le volume étant devenu* 8 *fois plus grand.*

Nous reviendrons sur ce point.

CORRESPONDANCE.

M. **Vito Volterra** adresse à l'Académie un télégramme de condoléances à l'occasion du décès de M. *A. Mesnager.*

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

E. Dumas. *Faune du Centre. Les Microzoaires ou Infusoires proprement dits.* Fascicules I et II.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les complexes de géodésiques dans une variété* V_3. Note [1] de M. **W. Slebodzinski**, présentée par M. Élie Cartan.

Désignons par $x^\alpha (\alpha = 1, 2, 3)$ les coordonnées d'un point arbitraire M d'une variété riemannienne V_3 de l'élément linéaire $ds^2 = g_{\rho\sigma}\, dx^\rho\, dx^\sigma$. Supposons que cette variété admette un groupe continu de mouvements rigides à un paramètre, autrement dit qu'il existe un vecteur de composantes covariantes q_ρ satisfaisant aux équations de Killing

$$\nabla_k q_\lambda + \nabla_\lambda q_k = 0. \tag{1}$$

Considérons l'équation de Pfaff

$$q_\rho\, dx^\rho = 0. \tag{2}$$

On démontre facilement que toute géodésique, normale au vecteur q_ρ en un point, est une courbe intégrale de l'équation (2); parmi les courbes intégrales de celle-ci, il y a donc ∞^3 géodésiques. Donc, nous dirons que l'équation (2) définit un *complexe de géodésiques* (K) et nous donnerons le

(1) Séance du 6 février 1933.

nom de *courbes du complexe* (K) aux courbes intégrales de cette équation.

Soit (C) une telle courbe passant par M et soit s son arc. Construisons en M le trièdre de Frenet formé de trois vecteurs unitaires de composantes contravariantes $a^\rho = dx^\rho/ds$ (tangente), b^ρ (normale principale), c^ρ (binormale). Les formules de Frenet donnent

$$(3) \qquad \delta a^\rho = K b^\rho, \quad \delta b^\rho = -K a^\rho - S c^\rho,$$

K et S étant la courbure et la torsion de la courbe (C) et δ désignant la différentiation absolue le long de (C). (C) étant une courbe du complexe (K), on a, par hypothèse,

$$(4) \qquad q_\rho a^\rho = 0.$$

Assujettissons cette relation à l'opération δ; en tenant compte de la formule

$$(5) \qquad \delta q_\rho = a^\sigma \nabla_\sigma q_\rho$$

et de la première des relations (3), il vient

$$a^\rho a^\sigma \nabla_\rho q_\sigma + K q_\rho b^\rho = 0.$$

Le premier membre étant identiquement nul en vertu de la relation (1), on a, si $K \neq 0$,

$$(6) \qquad q_\rho b^\rho = 0.$$

Les équations (4) et (6) montrent que l'élément plan osculateur de la courbe (C) est en chaque point normal au vecteur q_ρ.

Théorème. — *L'élément plan normal au vecteur* q_ρ *au point* M *est l'élément osculateur de toutes les courbes du complexe* (K) *passant par* M.

Appliquons l'opération δ à l'équation (6); en ayant égard à la deuxième des formules (3) et à la relation (5), on aura

$$a^\rho b^\sigma \nabla_\rho q_\sigma - K q_\rho a^\sigma - S q_\rho c^\rho = 0.$$

Comme on a $q_\rho a^\rho = 0$, $q_\rho c^\rho \neq 0$, on en déduit

$$(7) \qquad S = \frac{a^\rho b^\sigma \Delta_\rho q_\sigma}{q_\rho c^\rho}.$$

En tenant compte des relations (1), le numérateur de la formule (7) peut s'écrire

$$a^\rho b^\sigma \Delta_\rho q_\sigma = (a^2 b^3 - a^3 b^2) \nabla_2 q_3 + (a^3 b^1 - a^1 b^3) \Delta_3 q_1 + (a^1 b^2 - a^2 b^1) \Delta_1 q_2,$$

ou encore

$$(8)\qquad a^{\rho}b^{\sigma}\nabla_{\rho}q_{\sigma}=\frac{1}{\sqrt{g}}(c_1\nabla_2 q_3+c_2\nabla_3 q_1+c_3\nabla_1 q_2),\qquad g=\|g_{\rho\sigma}\|.$$

D'autre part le théorème précédent montre qu'on a

$$(9)\qquad q_{\rho}=\varepsilon q c_{\rho}\qquad (\varepsilon=\pm 1),$$

q étant la valeur absolue du vecteur de composantes q_{ρ}. Si l'on porte les expressions (8) et (9) dans la formule (7), on obtient

$$\dot{S}=\frac{c_1\nabla_2 q_3+c_2\nabla_3 q_1+c_3\nabla_1 q_2}{\varepsilon q\sqrt{g}};$$

en multipliant le numérateur et le dénominateur du second membre par εq, on en déduit la formule

$$(10)\qquad S=\frac{q_1\nabla_2 q_3+q_2\nabla_3 q_1+q_1\nabla_2 q_3}{q^2\sqrt{g}}.$$

THÉORÈME. — *Toutes les courbes du complexe* (K) *passant par le même point ont en ce point la même torsion donnée par la formule* (10).

Les propositions données plus haut généralisent deux théorèmes de P. Appell (¹) et de S. Lie (²) sur les courbes d'un complexe linéaire de l'espace ordinaire.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les théorèmes de M. Picard dans la théorie des équations aux dérivées partielles non linéaires du type elliptique.* Note (³) de M. **Alfred Rosenblatt.**

1. Envisageons l'équation aux dérivées partielles du second ordre du type elliptique

$$(1)\qquad \Delta u=F(x,y,u,p,q).$$

Supposons F continu comme fonction des 5 variables indépendantes dans le domaine plan D formé par les points $Q(x,y)$ d'un domaine plan G *borné* et les points de la frontière C du domaine, et par les valeurs de u, p,

(¹) Voir, par exemple, E. PICARD, *Traité d'Analyse*, I, 1901, p. 380.

(²) S. LIE, *Geometrie der Berührungstransformationen*, 1896, p. 231.

(³) Séance du 6 février 1933.

q satisfaisant aux inégalités

$$|u| \leqq L, \qquad |p|, \ |q| \leqq L'.$$

Supposons, de plus, que F satisfasse par rapport aux trois variables u, p, q à la condition suivante :

$$(2) \qquad \begin{aligned} &|F(x, y, u_1, p_1, q_1) - F(x, y, u_2, p_2, q_2)| \\ &\leqq \frac{A}{\delta^{1+m}}|u_1 - u_2| + \frac{B}{\delta^m}|p_1 - p_2| + \frac{C}{\delta^m}|q_1 - q_2|. \end{aligned}$$

$\delta > 0$ étant la plus petite distance du point $Q(x, y)$ de G de la frontière C de ce domaine. m est un nombre satisfaisant aux inégalités $0 \leqq m < 1$.

Supposons de plus que F envisagé comme fonction de x, y satisfasse à l'équation de Lipschitz

$$(3) \qquad |F(x, y, u, p, q) - F(x', y', u, p, q)| \leqq D|x - x'| + E|y - y'|.$$

M. Picard, dans son travail célèbre ([1]), ainsi que dans une série de Mémoires successifs ([2]), a appliqué la méthode des approximations successives, en supposant remplie la condition de Lipschitz par rapport à u, p, q. En partant d'une fonction u_0 arbitraire à dérivées p_0, q_0 continues dans G + C il forme la série des approximations successives.

$$(4) \qquad u_n = -\frac{1}{2\pi}\int_G G\,F(\xi, \eta, u_{n-1}, p_{n-1}, q_{n-1})\,d\xi\,d\eta \qquad (u = 2, 3, \ldots),$$

G étant la fonction de Green du domaine G.

2. On peut démontrer dans des conditions très générales l'existence de deux nombres positifs K, K' tels que les intégrales

$$(5) \qquad I = \frac{1}{2\pi}\int G\,f(\xi, \eta)\,d\xi\,d\eta,$$

$$(6) \qquad I_x = \frac{1}{2\pi}\int |G_x|\,|f(\xi, \eta)|\,d\xi\,d\eta, \qquad I_y = \frac{1}{2\pi}\int |G_y|\,|f(\xi, \eta)|\,d\xi\,d\eta$$

satisfont aux inégalités

$$(7) \qquad |I| \leqq MK\delta,$$

$$(8) \qquad |I_x|, \ |I_y| \leqq MK'.$$

([1]) *Journal de Liouville*, 4e série, 6, 1890, p. 145.

([2]) *Journal de Liouville*, 4e série, 9, 1893, p. 217; *Journ. Éc. Pol.*, 60e cahier, 1890, p. 89; *Journ. de Liouville*, 5e série, 6, 1900, p. 129; *Acta mathematica*, 25, 1902, p. 121; voir aussi *Leçons sur quelques problèmes aux limites dans la théorie des équations différentielles* (Gauthier-Villars, 1930).

Ici $f(\xi, \eta)$, continu par rapport à ξ, η dans $G + C$, satisfait à l'inégalité

$$(9) \qquad |f(x, y)| \leqq \frac{M}{\delta^m},$$

$M > 0$, (8) est valable dans G, (7) dans $G + C$.

Supposons alors que l'on ait les inégalités

$$(10) \qquad MDK < L,$$

$$(11) \qquad MK' < L,$$

$$(12) \qquad MK + BK' + CK' < 1,$$

D diamètre de G, alors on démontre l'existence de l'intégrale u nulle sur C. Les dérivées p, q sont continues à l'intérieur de G.

3. Les nombres K, K' existeront certainement dans le cas où la fonction $\omega(z)$ qui représente conformément le domaine G sur le cercle K_1 de rayon R et de centre origine O_1 est *bornée* en module. Cela veut dire que deux nombres positifs finis α, β existent qui sont dans G les bornes supérieure et inférieure de $\omega'(z)$,

$$(13) \qquad \alpha \geqq |\omega'(z)| \geqq \beta.$$

Cela arrive par exemple dans le cas où la courbe C est une courbe de Jordan rectifiable et où $z(s) = x(s) + iy(s)$ satisfait à une condition de Hölder

$$(14) \qquad |z'(s+h) - z'(s)| \leqq k|h|^{\alpha},$$

$k > 0$, $0 < \alpha < 1$.

On peut poser dans ce cas certainement

$$(15) \qquad K = \frac{\alpha^{1+m}}{\beta^2} \cdot \frac{R^{1-m}}{1-m}, \qquad K' = 6' \frac{\alpha^{1+m}}{\beta^2} \cdot \frac{R^{1-m}}{1-m}.$$

L'intégrale existe, pourvu que l'on remplace G par le domaine homothétique cG, c suffisamment petit.

D'autre part on peut se demander si, parmi les domaines bornés *uniformément* et limités par une courbe analytique partout il y a toujours des domaines tels que si k est un nombre positif *fixe* et δ la distance du pôle P de la courbe frontière C, on ait, aussi petit que soit $\delta > 0$, l'inégalité

$$(16) \qquad I > k,$$

δ variant naturellement avec G.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la convergence absolue des séries de Fourier.* Note de M. **Paul Lévy**.

1. Appelons série $\mathcal{F}$ toute série absolument convergente de la forme $\Sigma a_n e^{inx}$. Nous dirons qu'une fonction est représentable par une telle série en un point (ou à sa droite, ou à sa gauche) si elle l'est dans un petit intervalle comprenant ce point (ou situé à sa droite, ou à sa gauche).

D'après un théorème de N. Wiener (¹), si une fonction de période 2π est en chaque point représentable par une série $\mathcal{F}$, on peut trouver une série $\mathcal{F}$ qui la représente dans toute la période. De même si une fonction définie pour $a < x < b < a + 2\pi$ est représentable par une série $\mathcal{F}$ en tout point de (a, b), à droite de a, et à gauche de b, on peut trouver une série $\mathcal{F}$ qui la représente dans tout l'intervalle (a, b).

Des exemples connus (²) prouvent d'autre part qu'une fonction continue peut être représentable par une série $\mathcal{F}$ à droite et à gauche d'un point sans l'être en ce point. Si notamment nous posons

$$f_0(x) = \frac{\sin x}{|\sin x|}\quad f_1(x) = \left(\log\left|\frac{2}{\sin x}\right|\right)^{-\alpha},$$

la série de Fourier de $f_0(x)$ est absolument convergente pour $\alpha \geqq 0$, celle de $f_1(x)$ seulement pour $\alpha > 1$. Donc pour $0 < \alpha \leqq 1$, $f_1(x)$ présente à l'origine (et aux points $n\pi$) la propriété indiquée.

Si $f(x)$ est représentable par une série F *en un point a* (ou à sa droite ou à sa gauche), *il en est de même de $\varphi[f(x)]$, pourvu que $\varphi(y)$ soit holomorphe au point $f(a)$.* Ce théorème a été établi par N. Wiener pour $\varphi(y) = 1/y$ (³); la généralisation est immédiate.

Une conséquence nouvelle des méthodes de N. Wiener est la suivante : *si la fonction $f(x)$ est représentable par une série $\mathcal{F}$ en un point* (ou à sa droite ou à sa gauche), *elle l'est aussi, quel que soit λ réel et non nul, par une série absolument convergente de la forme $\Sigma a_n e^{in\lambda x}$.*

2. Désignons par α et α' deux constantes positives, de somme $l \leqq 2\pi$, par ε la plus petite des deux, et posons $l = k\varepsilon$. Désignons par $\varphi(x, \alpha, \alpha')$ la fonction de x continue, de période 2π, égale à 1 pour $x = 0$, nulle pour $\alpha \leqq x \leqq 2\pi - \alpha'$, et variant linéairement de $-\alpha'$ à 0 et de 0 à α. La

(¹) N. Wiener, *Annals of Mathematics*, II, 33, nº 1, 1914, p. 10.

(²) Cf. G. Julia, *Exercices d'Analyse*, I, p. 156, et R. Salem, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1804-1806.

(³) *Loc. cit.*, p. 14.

somme des modules des coefficients de la série de Fourier est inférieure à $A \log k$, A étant une constante indépendante de α et α'; on peut prendre $A = 6$.

Soit alors une fonction $f(x)$, de période 2π. On peut définir la courbe $y = f(x)$, dans une période $(a, a + 2\pi)$, comme limite de lignes brisées inscrites, ce qui conduit pour $f(x)$ a une expression de la forme

$$f(x) = f(a) + \sum_{1}^{\infty} c_p \varphi(x - \xi_p, \alpha_p, \alpha'_p).$$

S'il est possible de choisir les sommets de ces lignes brisées de manière que la somme $\Sigma |c_p| \log k_p$ soit convergente, la série de Fourier de $f(x)$ est absolument convergente.

Cette condition ne peut être vérifiée que par des fonctions à variation bornée, et est en conséquence beaucoup plus restrictive qu'il n'est nécessaire pour assurer la convergence absolue de cette série; on connaît des conditions suffisantes moins restrictives, lorsqu'il s'agit de fonctions d'allure partout irrégulière. Cette condition semble toutefois utile pour l'étude d'une singularité isolée. Ainsi on peut l'appliquer à la fonction $f_0(x)$ du n° 1, en prenant $a = -2\pi/3$, et en divisant la période $(a, a + 2\pi)$ en deux parties égales, chacune de ces deux parties en deux parties égales, et ainsi de suite; les points de division ainsi choisis évitent l'origine, les coefficients k_p ont tous la valeur 2, et $\Sigma |c_p|$ converge. Mais si l'on plaçait un point de division à l'origine, $\Sigma |c_p|$ divergerait. Cette circonstance explique très bien le fait que $f_0(x)$ soit représentable par une série $\mathcal{F}$, mais non $f_1(x)$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la détermination du saut* $D(x_0)$ *de* $f(x)$. Note (¹) de M. **E. Kogbetliantz**, présentée par M. Émile Borel.

Le saut $D(x_0) = f(x_0 + 0) - f(x_0 - 0)$ de $f(x)$ au point $x = x_0$ se laisse déterminer à partir des développements formels de $f(x)$ en séries (H) et (L)

$$\text{(H)} \quad f(x) \sim \sum_{0}^{\infty} a_n H_n(x), \qquad \text{où} \qquad 2^n n!\, a_n \sqrt{\pi} = \int_{-\infty}^{\infty} e^{-u^2} H_n(u) f(u)\, du,$$

$$\text{(L)} \quad f(x) \sim \sum_{0}^{\infty} b_n L_n^{(\alpha)}(x), \qquad \text{où } b_n \Gamma(n + 1 + \alpha) = n! \int_{0}^{\infty} e^{-u} u^{\alpha} L_n^{(\alpha)}(u) f(u)\, du,$$

(¹) Séance du 6 février 1933.

procédant suivant les polynomes orthogonaux d'Hermite et de Laguerre. Dérivés terme à terme (H) et (L) donnent naissance aux séries

$$(\mathrm{H}^*) \qquad -2\sum_{1}^{\infty} n a_n \mathrm{H}_{n-1}(x)$$

et

$$(\mathrm{L}^*) \qquad -\sum_{1}^{\infty} b_n \mathrm{L}_{n-1}^{(\alpha+1)}(x),$$

qui divergent essentiellement au point $x = x_0$, leurs sommes partielles $h_n(x_0)$ et $l_n(x_0)$ tendant vers $+\infty$ avec n. Posons

$$\mathrm{P}_{\mathrm{H}}(z, x_0) = -2\sum_{1}^{\infty} n\, a_n\, \mathrm{H}_{n-1}(x)\, z^n \qquad \text{et} \qquad \mathrm{P}_{\mathrm{L}}(z, x_0) = -\sum_{1}^{\infty} b_n\, \mathrm{L}_{n-1}^{(\alpha+1)}(x)\, z^n.$$

Le procédé de sommation de Poisson donne :

THÉORÈME I. — *Si $f(x)$, intégrable ($\mathcal{L}$) dans tout intervalle fini, vérifie pour $|x| \to \infty$ la condition $f(x) = \mathrm{O}(e^{qx^2})$, où $q < 1$, on a*

$$(1) \qquad \mathrm{D}(x_0) = \sqrt{2\pi} \lim_{z=1} [\sqrt{1-z}\, \mathrm{P}_{\mathrm{H}}(z, x_0)].$$

Si $f(x)$ pour $x \to \infty$ vérifie la condition $f(x) = \mathrm{O}(e^{qx})$, $q < 1$, on a également pour $x_0 > 0$

$$(2) \qquad \mathrm{D}(x_0) = 2\sqrt{\pi x_0} \lim_{z=1} [\sqrt{1-z}\, \mathrm{P}_{\mathrm{L}}(z, x_0)].$$

La détermination numérique effective du saut $\mathrm{D}(x_0)$ à l'aide de (1) ou de (2) est très difficile. Elle exige de calculs laborieux et la simplicité du résultat obtenu n'est qu'apparente. Au contraire, le calcul de $\mathrm{D}(x_0)$ à l'aide des moyennes arithmétiques $h_n^{(\delta)}(x_0)$ et $l_n^{(\delta)}(x_0)$ des sommes partielles $h_n(x_0)$ et $l_n(x_0)$ des séries divergentes (H^*) et (L^*) est aisé. L'étude de leurs séries-noyaux nous a permis de démontrer le théorème suivant :

THÉORÈME II. — *Si $f(x)$ est intégrable ($\mathcal{L}$) dans tout intervalle fini ($-\mathrm{A}, +\mathrm{A}$) et si les intégrales*

$$\int_{-\infty}^{-\mathrm{A}} e^{-\frac{x^2}{2}} |x|^{-(2\delta+1)} |f(x)|\, dx \qquad \text{et} \qquad \int_{\mathrm{A}}^{\infty} e^{-\frac{x^2}{2}} x^{-(2\delta+1)} |f(x)|\, dx$$

existent, on a pour tout $\delta > 0$

$$(3) \qquad \lim_{n=\infty} \frac{h_n^{(\delta)}(x_0)}{\sqrt{n}} = \frac{\Gamma(\delta+1)}{\sqrt{2\pi}\, \Gamma\left(\delta + \frac{3}{2}\right)} \mathrm{D}(x_0).$$

De même : si $f(x)$ est intégrable ($\mathcal{L}$) dans tout intervalle fini (ε, A), où $\varepsilon > 0$ est aussi petit qu'on veut mais fixe, et si les intégrales

$$\int_0^{\varepsilon} x^{\frac{\alpha+\delta}{2}-\frac{1}{4}} |f(x)|\, dx \quad \text{et} \quad \int_A^{\infty} e^{-\frac{x}{2}} x^{\frac{\alpha}{2}-\delta-\frac{1}{4}} |f(x)|\, dx$$

existent, on a pour tout $\delta > 0$ et pour $x_0 > 0$

$$\lim_{n=\infty} \frac{l_n^{(\delta)}(x_0)}{\sqrt{n}} = \frac{\Gamma(\delta+1)}{2\sqrt{\pi x_0}\,\Gamma\left(\delta+\frac{3}{2}\right)} D(x_0). \tag{4}$$

Observons que les résultats (3) et (4) subsistent aussi pour $\delta = 0$, c'est-à-dire on peut calculer $D(x_0)$ à partir des sommes partielles $h(x_0)$ et $l(x_0)$ pourvu qu'au voisinage immédiat de x_0 la fonction $f(x)$ vérifie l'une des deux conditions suivantes :

$$\int_0^{\eta} |f(x_0 \pm u) - f(x_0 \pm 0)| \frac{du}{u} < \text{const.} \qquad (\eta > 0) \tag{5}$$

ou bien, pour $\omega \to 0$,

$$\int_0^{\omega} \left| \frac{d}{du} \{u[f(x_0 + u) - f(x_0 - 0.\operatorname{sign} u)]\} \right| du = O(\omega). \tag{6}$$

Pour la série (L^*) le signe double dans (5) est à remplacer par le signe plus. Quant à (6) $\omega \to 0$ par valeurs positives pour (L^*) et $\omega \gtrless 0$ pour (H^*). Ces conditions sont analogues aux conditions de Pringsheim et de B. Prasad dans la théorie de la série trigonométrique conjuguée.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur une modification de la méthode chronophotographique et quelques applications.* Note [1] de MM. **E. Crausse** et **J. Baubiac**, présentée par M. Henri Villat.

La méthode chronophotographique est difficilement applicable à l'étude des vitesses faibles en mouvement varié. Nous l'avons modifiée en inscrivant le déplacement des particules sur un film se déroulant d'une façon continue dans une direction normale à celle des filets. Ceci revient à étaler la trajectoire en facilitant la mesure du temps par la distinction possible

---

[1] Séance du 16 janvier 1933.

des coupures. L'emploi d'un disque denté muni d'un certain nombre de groupes de fentes, larges ou étroites constituant une sorte d'alphabet Morse permet de repérer l'origine du temps.

Application à l'étude des régimes transitoires. — Nous avons appliqué cette méthode à l'étude de la mise en vitesse d'un liquide visqueux dans un tube cylindrique vertical.

En employant les coordonnées cylindriques (r, Θ, z), Oz étant confondu avec l'axe du tube, les équations de Navier et l'équation de continuité donnent dans ce cas, en employant les notations habituelles,

$$-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial r}=0,$$

$$-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial r}+\frac{\mu}{\rho}\left(\frac{\partial^2 v_z}{\partial r^2}+\frac{1}{r}\frac{\partial v_z}{\partial r}\right)=\frac{\partial v_z}{\partial t},$$

$$\frac{\partial v_z}{\partial z}=0.$$

En partant de ces équations, M. P. Szymanski [1] a donné une méthode permettant de tracer en fonction du temps les courbes théoriques de répartition des vitesses en une section droite du tuyau, il en a déduit la courbe représentant la variation de la vitesse sur l'axe en fonction du temps. Nous obtenons expérimentalement cette courbe de la façon suivante : l'ouvrage utilisé est un ajutage de 8^{cm} de diamètre intérieur précédé par une cuve cylindrique formant réservoir et terminé à sa partie inférieure par un robinet spécial permettant d'effectuer des ouvertures rapides de durées variables parfaitement déterminées, le liquide est de l'huile ($\nu=4,51$ C. G. S. à 9° C.). Le liquide étant au repos, l'ouverture du robinet étant réglée une fois pour toutes de façon à avoir une vitesse de régime permanent convenable, effectuons une série d'expériences correspondant à des durées d'ouverture du robinet de plus en plus courtes. Traçons les courbes représentant, pour chaque durée d'ouverture, la vitesse sur l'axe en fonction du temps, celui-ci étant compté à partir du début de l'ouverture du robinet. On constate que, si les durées d'ouverture sont inférieures à une certaine valeur, les points correspondant aux diverses expériences se répartissent sur une même courbe (*fig.* 1), qui coïncide avec la courbe théorique (*fig.* 2).

Application aux tourbillons secondaires. — Ce procédé peut être étendu à la détermination de la période des tourbillons secondaires [2]. Ceux-ci étant rendus

---

(1) P. Szymanski, *Journal de Mathématiques*, 11, 1932, p. 67.

(2) I. E. Crausse et J. Baubiac, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1529.

visibles à l'aide d'une solution colorée, si l'on déplace un film dans une direction sensiblement normale à la trajectoire des tourbillons, le bord de l'obstacle trace une droite parallèle à la translation d'où partent des ramifications correspondant au passage de chacun des tourbillons. L'emploi d'un disque denté permet d'enregistrer le temps et par suite de déduire la période des tourbillons. Remarquons que le nombre de tourbillons que l'on peut ainsi enregistrer peut être très grand puisqu'il ne dépend que de la longueur du film.

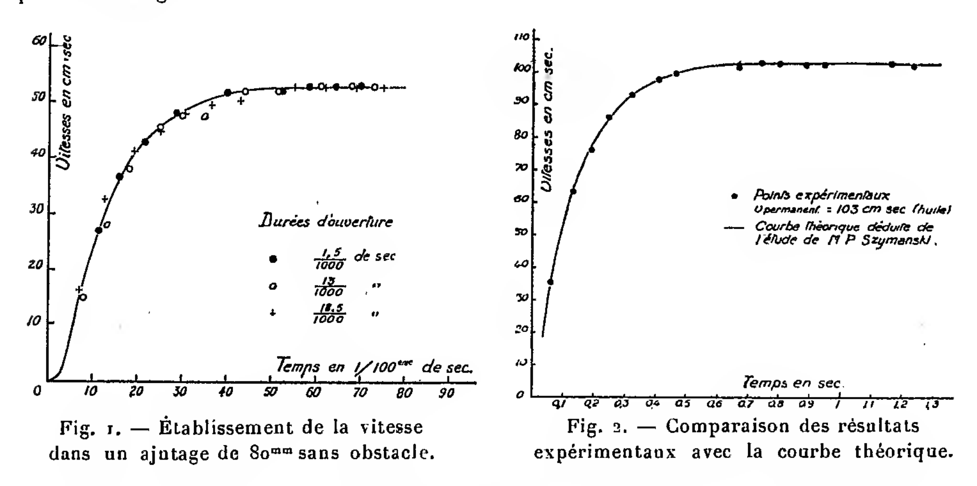


Fig. 1. — Établissement de la vitesse dans un ajutage de 80mm sans obstacle.

Fig. 2. — Comparaison des résultats expérimentaux avec la courbe théorique.

Les résultats obtenus par cette méthode ont été vérifiés par mesure directe pour des valeurs faibles de la période, et pour les valeurs élevées de celle-ci par les autres procédés suivants : 1° La méthode du fil chaud, exposée dans une précédente Note [1]; 2° La méthode stroboscopique, qui utilise un disque denté dont on peut faire varier la vitesse jusqu'à donner aux tourbillons l'apparence de l'immobilité. Ces méthodes se sont vérifiées mutuellement. Remarquons en outre que l'une d'elles (fil chaud) n'exige pas l'emploi d'une solution colorée. On peut donc en conclure que celle-ci judicieusement utilisée ne trouble pas pratiquement le phénomène. Voici quelques résultats numériques obtenus simultanément par chacune des trois méthodes, le liquide utilisé étant de l'eau, l'obstacle étant une plaque biseautée obturant la demi-section d'un ajutage cylindrique de 30cm de diamètre :

Température en degrés centigrades.	Vitesse en cm/sec.	Périodes en secondes. Méthode du film.	Méthode du fil chaud.	Méthode stroboscopique.
12°,3..........	24	42,5/1000	41 /1000	41,5/1000
»	34,9	27 /1000	28,5/1000	27,5/1000
»	56	22,5/1000	21 /1000	22 /1000

(1) I. E.-Crausse et J. Baubiac, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1355.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la sensibilité photographique des raies des métaux alcalins dans la flamme oxyacétylénique.* Note de M. R. **Bossuet**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans un Mémoire récent (1), j'ai indiqué qu'on pouvait rechercher facilement les traces de métaux alcalins grâce à un perfectionnement d'une méthode découverte par A. de Gramont.

Le principe de cette technique nouvelle (applicable d'ailleurs à toutes les substances qui donnent dans la flamme du chalumeau oxyacétylénique un spectre sensible) consiste à imprégner un bâtonnet de substance inerte de la solution à étudier. Ce bâtonnet est introduit dans la flamme et sert ainsi de support à la matière dont on veut obtenir le spectre. La substance qui le compose doit satisfaire à plusieurs conditions. Elle doit être obtenue facilement à un état de grande pureté, être suffisamment réfractaire, être poreuse pour pouvoir absorber le liquide d'analyse et enfin avoir un spectre de flamme très simple.

Après de nombreux essais, nous nous sommes arrêté à l'emploi du pyrophosphate de magnésium qui, obtenu par calcination du phosphate ammoniaco-magnésien, se présente sous la forme de fragments rigides et poreux.

Au moyen de liqueurs titrées très diluées, nous avons imprégné des bâtonnets de pyrophosphate d'une quantité connue et très faible de chlorures alcalins, et étudié, pour des teneurs décroissantes, la disparition de quelques raies caractéristiques de chaque métal alcalin. Le tableau ci-après résume nos observations relatives aux sensibilités photographiques de ces raies.

La sensibilité de cette méthode dépend évidemment des spectrographes et des plaques photographiques. Il ne faut donc voir dans les chiffres donnés ici qu'un ordre de grandeur des sensibilités auxquelles on doit s'attendre.

Au moyen d'un appareil à optique de quartz, employé avec des plaques ordinaires rapides (spectrographe Féry), on obtient, sauf pour les raies de longueur d'onde inférieure à 3800 Å, une sensibilité moins grande que par l'emploi d'un appareil moderne en verre, à grande ouverture, complété par des plaques panchromatiques rapides (spectrographe Bourguel).

(1) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 51, 1932, p. 681.

Raie spectrale (λ).	Spectrographe (Fente 4,5/100 mm).	Sensibilité en millig. de chlorure (Σ).
	Lithium.	
4602,3	Féry	$2 \cdot 10^{-1}$
»	Bourguel	$6,6 \cdot 10^{-3}$
6103,7	»	$6,6 \cdot 10^{-4}$
6708,2	»	$3 \cdot 10^{-7}$
	Sodium.	
3302,5	Féry	$1,5 \cdot 10^{-2}$
D { 5890,2	Bourguel	Sensibilité excessive
D { 5896,2	»	Traces dans l'air et dans la flamme
	Potassium.	
{ 3446,4	Féry	$2 \cdot 10^{-1}$
{ 3447,4	»	»
{ 4047,3	{ Féry	$2 \cdot 10^{-2}$
{ 4044,2	{ Bourguel	$1,3 \cdot 10^{-3}$
	Rubidium.	
4202,0	Féry	$1,5 \cdot 10^{-2}$
»	Bourguel	$1 \cdot 10^{-3}$
4215,7	Féry	$1,5 \cdot 10^{-2}$
»	Bourguel	$1 \cdot 10^{-3}$
	Cæsium.	
4555,3	Féry	$1,5 \cdot 10^{-2}$
»	Bourguel	$1 \cdot 10^{-3}$
4593,2	Féry	$3 \cdot 10^{-2}$
»	Bourguel	$3,3 \cdot 10^{-3}$

PHOTO-ÉLECTRICITÉ. — *Sur la sensibilité spectrale des cathodes photo-électriques à l'oxyde de cæsium.* Note de MM. **G. Déjardin** et **R. Latarjet**, présentée par M. Ch. Fabry.

Les cathodes de ce type, qui ont déjà fait l'objet de nombreuses recherches [1], sont constituées par un film très mince de cæsium adsorbé sur une couche complexe relativement épaisse, formée principalement

---

[1] G. Déjardin, *Revue générale de l'Électricité*, **33**, 1933, p. 3 et 36.

d'oxyde Cs^2O et renfermant des particules étrangères (atomes de cæsium isolés, argent réduit très divisé, oxyde d'argent). On les prépare en faisant agir la vapeur du métal alcalin, à une température ne dépassant pas 200°C., sur une plaque d'argent oxydée superficiellement. Il est commode de procéder au traitement thermique de formation après avoir scellé l'ampoule, remplie ou non d'argon, dans laquelle une quantité suffisante de cæsium a été libérée. Suivant une technique connue, on réussit à absorber l'excès de métal alcalin en chauffant fortement (350°C.) la base de l'ampoule, constituée par du verre au plomb, tandis que la partie cylindrique entourant les électrodes, formée d'un verre inattaquable par la vapeur de cæsium, se trouve portée à une température inférieure à 200°C. On parvient ainsi à réaliser un état assez stable correspondant à une sensibilité importante en lumière blanche. Dans le spectre visible, la courbe représentant les variations de l'émission photo-électrique, à énergie égale pour toutes les longueurs d'onde, est alors caractérisée par un minimum voisin de 5000 A et, vers 8000 A, par un maximum à partir duquel la sensibilité décroît régulièrement jusqu'à 12 000 A environ (seuil photo-électrique).

Un traitement thermique insuffisant laisse subsister dans l'ampoule un résidu de cæsium libre. Dans ces conditions, les propriétés de la cellule varient avec le temps : la courbe spectrale d'émission se déforme plus ou moins rapidement d'une manière continue et, en même temps, on constate généralement une diminution progressive de la sensibilité en lumière totale. Nous avons étudié systématiquement cette évolution sur de nombreuses cellules à atmosphère d'argon (pression : $0^{mm},1$ de mercure) présentant des modifications assez lentes pour permettre des mesures précises. Dans tous les cas, la courbe spectrale subit un déplacement d'ensemble vers les courtes longueurs d'onde. La variation du seuil est beaucoup plus importante que celle du maximum, dont le décalage l'emporte à son tour sur celui du minimum. D'autre part, ce dernier s'accuse en général de plus en plus. Les valeurs suivantes, données à titre d'indication, se rapportent à une cellule dont l'évolution a été suivie pendant plus de 8 semaines.

	Valeurs initiales.	Après 7 jours.	Après 50 jours.
Seuil.................	12300 A	10300 A	9600 A
Maximum.............	8050	7150	6700
Minimum.............	4900	4400	4200

Les variations sont rapides pendant les jours qui suivent la fabrication de la cellule. Elles deviennent plus tard extrêmement lentes et la cellule,

maintenue à la température ordinaire, peut alors être considérée comme stabilisée. Pour comparer la distribution spectrale de la sensibilité aux divers stades de l'évolution, il est commode de rapporter les valeurs de l'émission à l'ordonnée maximum prise pour unité. On constate ainsi que, dans l'intervalle du seuil au maximum, la rétrogradation correspond grossièrement à une translation par rapport à l'échelle des fréquences. Au début, la relation de Richardson ($\nu_m = 3/2\,\nu_0$) est sensiblement vérifiée; en moyenne, le rapport ν_m/ν_0 des fréquences du maximum et du seuil varie de 1,52 à 1,44 à mesure que la courbe se déplace vers le violet. On admet que, dans l'état initial favorable au développement de la sensibilité en lumière blanche, la surface photosensible est constituée par un film monoatomique fixé fortement sur la couche à base d'oxyde. Les modifications observées résultent donc vraisemblablement d'un accroissement progressif de l'épaisseur du film superficiel, jusqu'à ce qu'une sorte d'équilibre soit réalisé.

Lorsque la quantité de métal alcalin est bien dosée, un traitement thermique de faible durée suffit pour former la cathode et éliminer l'excès de cæsium. La cellule est alors beaucoup plus stable, bien qu'il soit difficile d'éviter un léger décalage ultérieur de la courbe d'émission. D'autre part, en portant 200°C. pendant un certain temps (10 à 30 minutes par exemple), une cellule instable ayant évolué à la température ordinaire, on parvient généralement à reproduire les états intermédiaires et à accroître la sensibilité totale. Il est probable que le film superficiel se trouve ramené progressivement à une seule assise monoatomique. Toutefois à 200°C., la constitution de la couche sous-jacente peut être notablement modifiée (diffusion du cæsium). Un chauffage de trop longue durée peut avoir pour conséquence une diminution considérable de la sensibilité totale sans déplacement vers le violet du maximum d'émission. Dans l'état final ainsi réalisé, le film monoatomique ne recouvre peut-être qu'une partie de la surface de la couche d'oxyde. Cette hypothèse permettrait aussi d'interpréter les différences de sensibilité globale (par exemple : 4 à 30 μA : lumen, pour une cellule à vide) qui peuvent être fréquemment décelées à la surface d'une même cathode, sans être accompagnées d'un changement notable dans la distribution de l'émission monochromatique. Cependant, des variations de ce genre sont associées quelquefois à des colorations distinctes : une surface jaune clair ou blanchâtre avec reflets violacés est généralement peu sensible, tandis que les régions fortement émissives sont souvent rougeâtres ou mordorées, ce qui semble correspondre à la présence de l'oxyde normal ou

même des oxydes inférieurs du cæsium (1). Dans leur ensemble, nos observations sont en bon accord avec celles de Prescott et Kelly (2), relatives à des cathodes de même nature.

ÉLECTROCHIMIE. — *Étude de la force électromotrice de la chaîne : cuivre, sulfate de cuivre: sulfate mercureux, mercure, à 25°.* Note (3) de Mlle **Quintin**, présentée par M. Jean Perrin.

Le coefficient d'activité d'un électrolyte peut être déterminé à partir de la mesure de la force électromotrice (f. é. m.) d'une pile sans transport. C'est en vue d'obtenir ce coefficient d'activité $f = (f_{Cu} - f_{SO^4})^{\frac{1}{2}}$ pour le sulfate de cuivre que j'ai étudié la pile :

— Cu (amalgame 2 phases); SO^4Cu, c/SO^4Hg^2 (solide); Hg +

à 25° et à différentes concentrations *c*. On a en effet

$$E = E_0 - \frac{RT}{2F} \operatorname{Log} c^2 f_{Cu} . f_{SO^4}. \tag{1}$$

La mesure de la f. é. m. était faite par la méthode d'opposition à 1.10^{-4} volt près; la sensibilité du galvanomètre était de 10^{-10} ampère; la pile étalon avait été vérifiée par le Laboratoire Central d'Électricité; le thermostat était réglé à ± 0°,05.

Les précautions suivantes sont prises pour la purification des produits :

Le mercure est purifié par passage sur acide azotique, puis électrolytiquement par la méthode indiquée par Kolossov (4), enfin distillé deux fois : d'abord en présence de traces d'oxygène, puis sous pression très réduite d'azote.

L'amalgame de cuivre est obtenu par électrolyse et utilisé à la concentration de 3 pour 100 de Cu. Pour pouvoir effectuer le remplissage des électrodes l'amalgame est chauffé jusqu'à ne coustituer qu'une phase, est lavé abondamment sous azote avec la solution à étudier.

La solution mère de SO^4Cu ($c = 1,130$ M; pH $= 4,05$) est préparée à partir du produit Merck purifié par cristallisations successives.

Le sulfate mercureux est préparé par la méthode de Hulett (5).

L'eau est bidistillée, sa conductivité était $1,2 \times 10^{-6}$.

---

(1) Rengade, *Ann. Chim. Phys.* 8e série, **11**, 1907, p. 348, et *Comptes rendus*, **148**, 1909, p. 1199.

(2) *Bell System Technical Journal*, **11**, 1932, p. 334.

(3) Séance du 30 janvier 1933.

(4) *Étalons électriques et étalons de lumière de l'U. R. S. S.*, Moscou, 1928.

(5) *Phys. Rev.*, **22**, 1906, p. 321.

La pile est montée dans un vase en H à robinet non graissé sur la branche horizontale. On fait barboter, pendant 15 minutes, dans chacun des compartiments, un courant d'azote, purifié par passage à travers une colonne de 1^{m} d'une solution d'hydrosulfite dans laquelle le gaz est pulvérisé par une plaque poreuse. Toutes les parties pouvant donner lieu à des fuites sont recouvertes de mercure.

On obtient alors des piles qui, même pour les solutions diluées, ont une f. é. m. remarquablement constante (certaines ont pu être conservées deux mois), la condition essentielle étant l'absence absolue d'oxygène.

Le tableau suivant reproduit la moyenne des valeurs obtenues à 25° :

C. (mol-gr litre).	$E_{obs.}$ (10^{-4} volt).	x. (10^{-3} mol-gr/lit.).	ε. (10^{-4} volt).	E. (10^{-4} volt).
1,1300	3514	0	0	3514
0,5650	3585	0	0	3585
0,2825	3668	0	0	3668
0,1130	3762	0	0	3762
0,02825	3951	0,27	0,6	3952
0,0113	4078	0,33	2	4080
0,00565	4170	0,41	7	4177
0,00339	4218	0,50	15	4233
0,002825	4242	0,535	19	4261
0,001695	4286	0,71	27	4323
0,00113	4325	0,805	59	4384

Ces valeurs sont en parfait accord, pour les solutions concentrées, avec celles trouvées par Getman [1]; elles sont un peu inférieures à celles de cet auteur pour les solutions diluées, ce qui peut s'expliquer par le fait que la solution initiale de Getman était plus acide, donc moins hydrolysée aux grandes dilutions que la nôtre.

Si la solubilité du sulfate mercureux était négligeable, la f.é.m. de la pile serait correctement représentée par la formule (1) à toute concentration. En fait, dès que la dilution devient grande, il faut tenir compte de l'excès x des ions SO^{4--} apportés dans le compartiment positif du fait de cette solubilité. La f.é.m. observée est alors :

$$E_{obs.} = E_0 - \frac{RT}{2F} \operatorname{Log} c(c+x) f_{Cu} f_{SO^4}, \tag{2}$$

où f représente le coefficient d'activité d'un ion dans le compartiment

(1) *Journ. Am. Chem. Soc.*, 34, 1930, p. 1454.

négatif [force ionique : $8c$] et f' celui d'un ion dans le compartiment positif [force ionique : $8(c+x)$]. La correction à faire subir à la f.é.m. observée est donc :

$$(3) \qquad \varepsilon = E_{obs} - E = \frac{RT}{2F} \operatorname{Log} \frac{c+x}{c} - \frac{RT}{2F} (\operatorname{Log} f_{SO^4} - \operatorname{Log} f'_{SO^4}),$$

x est déterminé par l'équation

$$c(c+x) f'_{Hg^2} - f'_{SO^4} = p,$$

où p [1] représente le produit de solubilité du sulfate mercureux à la température considérée. Comme il ne s'agit que d'une correction, on peut se contenter d'utiliser pour les coefficients d'activité les valeurs obtenues à partir de la formule de Debye. Les colonnes 3 et 4 du tableau précédent donnent les valeurs de x et celles de ε ainsi calculées.

Si, à partir de ces valeurs expérimentales, on cherche à déterminer le potentiel normal E_0 par la méthode classique de Lewis, on n'obtient pas d'extrapolation satisfaisante. En effet, la courbe représentant les variations de $E'_0 = E + RT/F \log c$ en fonction de $\sqrt{c}$ ne présente pas pour les grandes dilutions de portion rectiligne.

PHOTOCHIMIE. — *Sur la différenciation des effets électroniques et des effets photo-électrochimiques dans les éléments photovoltaïques.* Note [2] de M. **René Audubert**, présentée par M. J. Perrin.

Dans des travaux antérieurs, j'ai montré que les effets photovoltaïques devaient être principalement rattachés à des phénomènes photo-électrochimiques dans lesquels l'eau joue un rôle essentiel; mais des effets purement électroniques peuvent aussi intervenir.

Si l'on chauffe à 1000°C. dans un courant d'azote une lame de cuivre préalablement oxydée à l'air à la même température, par dissociation de l'oxyde cuivrique la lame se recouvre d'une couche adhérente et pure d'oxyde cuivreux; dans certaines conditions elle peut devenir le siège de phénomènes photo-électroniques. Dans la plupart des électrolytes et, en particulier, dans les solutions réductrices, une électrode Cu/Cu^2O présente

---

(1) En prenant pour solubilité de SO^4Hg^2 à $25° = 57,5\ 10^{-3}$ g pour 100g de solution (Seidel, p. 431) on trouve $p = 0,74 \times 10^{-6}$.

(2) Séance du 6 février 1933.

un photopotentiel positif dont la courbe de sensibilité absolue en fonction de la longueur d'onde a un maximum vers 4000 Å (¹); cet effet est de nature photo-électrochimique; ainsi que l'exige la théorie développée (²), il diminue quand le milieu devient moins réducteur et le pH plus grand. Dans les électrolytes oxydants (solutions fraîchement préparées de perborates et de percarbonates) on fait apparaître un effet négatif plus faible dont la courbe présente un maximum vers 6000 à 6200 Å et s'étend dans l'infrarouge jusqu'à 12000 Å; cette courbe est tout à fait analogue à celle de l'effet photo-électrique interne du photo-élément solide de Lange à Cu^2O (³).

On est donc conduit à penser que, dans ces conditions, l'effet photolytique est sinon totalement supprimé, du moins assez faible pour que devienne prédominant le processus photo-électronique interne d'après lequel les électrons sous l'action de la lumière passeraient du semi-conducteur dans le métal. Conformément à cette explication, cet effet est d'autant plus faible que la couche de Cu^2O pur est plus épaisse, c'est-à-dire plus absorbante.

L'influence de la polarisation permet de différencier nettement les effets photo-électrochimiques des actions purement électroniques et confirme la nature de ces dernières.

En effet, on sait (Goldmann, Audubert) que les effets photovoltaïques sont essentiellement fonction de la polarisation de la lame. Les courbes supérieures de la figure étendant les résultats de Van Djyck (⁴) aux électrodes de Cu^2O pur montrent que les caractéristiques photovoltaïques obtenues pour différentes longueurs d'onde sont concourantes [écrans colorés Schott et Corning : I (rouge), II (rouge orangé), III (jaune), IV (vert)]; le potentiel V_0 pour lequel l'effet s'annule est indépendant de la fréquence; ce qui est contraire à la relation d'Einstein, exactement vérifiée dans le cas du phénomène photo-électrique pur.

La même lame d'oxyde cuivreux plongée dans un électrolyte oxydant présente alors un effet négatif sensible aux grandes longueurs d'onde. Ainsi qu'il est possible de le voir sur la figure, les courbes inférieures ne sont pas concourantes. L'effet s'annule pour des valeurs de la polarisation

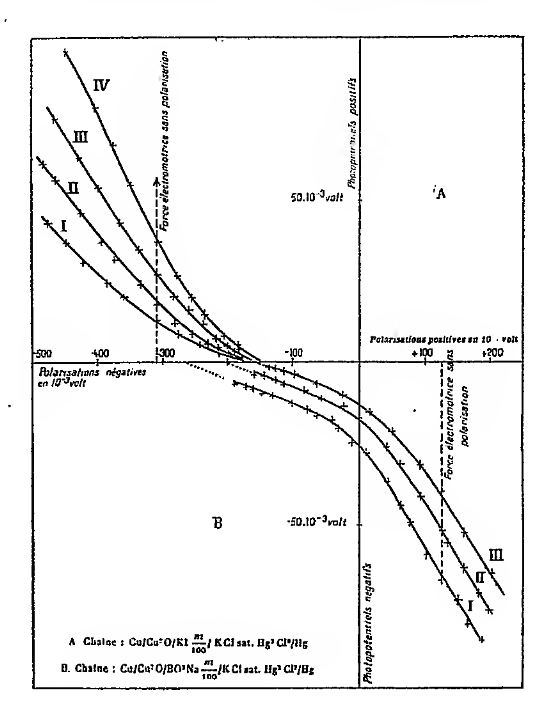
(¹) ATHANASIU, *Ann. de Phys.*, 4, 1925, p. 319; R. AUDUBERT et C. STORA, *Soc. Ch. phys.*, 25 mai 1932.

(²) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 291; 194, 1932, p. 82; *Soc. Ch. phys.*, 14 mai 1931.

(³) DUBAR, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 669.

(⁴) VAN DJYCK, *Trans. of Far. Soc.*, 21, 1925, p. 16.

qui sont cette fois-ci fonction de la fréquence. Si l'on mesure directement la chute de tension entre le cuivre et le semi-conducteur, soit en introduisant une sonde de platine dans la masse de Cu^2O, soit en faisant une soudure sur la face d'entrée de la lame, on obtient des résultats identiques, ce qui n'est pas surprenant; étant donnée la résistance élevée du Cu^2O, il est



logique, en effet, d'admettre que la polarisation interne ainsi mesurée est peu différente de la polarisation globale, liquide-cuivre.

Donc, en tout état de cause, le faisceau de caractéristiques obtenu dans le cas où interviennent essentiellement des processus photo-électrochimiques se distingue nettement des caractéristiques que donne un effet où l'on peut être certain que les mêmes phénomènes ne jouent qu'un rôle accessoire.

En résumé, l'étude des caractéristiques photovoltaïques pour plusieurs fréquences permet, en choisissant les électrolytes, de dissocier dans l'action de la lumière sur les électrodes l'effet photo-électrochimique d'un effet électronique interne secondaire. Appliquée aux électrodes de cuivre recouvertes de Cu^2O pur, cette méthode confirme l'existence d'un processus électronique interne plus faible localisé, sans doute à la limite de séparation cuivre-oxyde cuivreux et particulièrement décelable avec des couches peu

épaisses. Avec ces électrodes, on pourra donc, en général, avoir superposition de deux effets inverses et de sensibilités spectrales très différentes, ce qui explique les observations de Garisson [1] et celles plus complètes d'Athanasiu sur la sensibilité des électrodes de cuivre oxydée [2].

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les lois de combustion des mélanges de poudres.* Note [3] de MM. **H. Muraour** et **G. Aunis**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons antérieurement montré que le $\int p\,dt$ d'une poudre n'est pas modifié si, à une partie de la charge, on substitue une poudre plus vive possédant une température d'explosion soit plus basse soit plus élevée, c'est-à-dire émettant des gaz soit à plus basse soit à plus haute température [4].

Nos expériences avaient été exécutées à une densité voisine de 0,2. Nous avons jugé intéressant de les reprendre à des densités plus faibles pour la raison suivante :

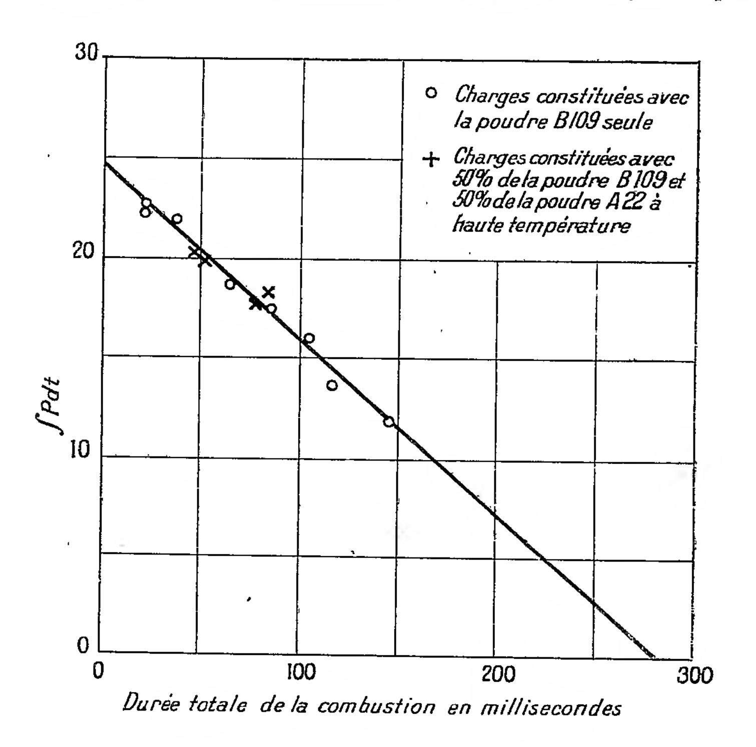
La substitution à une partie de la charge d'une poudre plus vive a pour résultat de réduire t, durée totale de la combustion. Or nous avons montré que $\int p\,dt$ diminue linéairement à mesure qu'augmente la durée totale de combustion. La substitution à une partie de la charge d'une poudre plus vive doit donc avoir pour effet, en diminuant t, d'augmenter $\int p\,dt$ *quelle que soit la température d'explosion de la poudre vive utilisée.* Cette augmentation de $\int p\,dt$, négligeable à haute densité parce que la variation de t est faible, doit au contraire être très notable aux faibles densités de chargement. De plus si la loi de variation de $\int p\,dt$ en fonction de t est exacte, les nouvelles valeurs obtenues doivent se placer sur la droite de $\int p\,dt - t$, tracée à partir des expériences exécutées avec les charges normales, sans addition de poudre vive.

Les essais ont été exécutés soit avec des charges constituées par une

---

(1) Garisson, *J. Phys. Chem.*, 27, 1923, p. 601.
(2) Athanasiu, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 767.
(3) Séance du 16 janvier 1933.
(4) Voir *Mémorial de l'Artillerie française*, 9, 1930, p. 382.

poudre (B. 109) sans dissolvant à 9 pour 100 de diéthyldiphénylurée (tubes de $2^{mm},56$ d'épaisseur), soit avec des charges constituées par 50 pour 100 de



cette poudre et 50 pour 100 d'une poudre à 40 pour 100 de nitroglycérine sans stabilisant (A. 22) étirée en tubes de $1^{mm},12$ d'épaisseur.

Voici quelques résultats obtenus (t = durée totale de la combustion) :

	Poudre B. 109		Poudre B. 109 (50 %) + Poudre A. 22 (50 %)	
Densité de chargement......	0,065.	0,038.	0,065.	0,038.
P_{max} (kg).............	554	275	567	294
$\int p\,dt$ (kg/cm²/sec).....	18,8	16,0	20,1	17,7
t (millisecondes).......	64	104	47	76

Conformément à la théorie formulée, l'addition à la poudre B 109 de la poudre A 22 a eu pour effet d'augmenter, pour une même densité de chargement, la valeur de $\int p\,dt$, alors qu'au contraire un contact des gaz chauds

avec la surface de la poudre aurait dû produire une diminution de $\int p\,dt$. Même lorsque la pression maximum a été abaissée à 300^{kg} par centimètre carré, les gaz chauds émis par la poudre à haute température d'explosion ne sont donc pas arrivés au contact de la poudre B 109.

De plus on pourra constater sur le graphique $\int p\,dt$-t ci-dessus que les points qui correspondent aux tirs exécutés avec les mélanges des poudres se placent sur la droite tracée à partir des expériences exécutées avec la poudre B 109 seule, c'est-à-dire que, dans ces expériences, quelle que soit la nature de la charge, à une même durée de combustion, correspond toujours une même valeur de $\int p\,dt$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Cryoscopie du paraldéhyde, de l'acétone et de l'éther dans les solutions de sulfates d'ammonium et de magnésium.* Note de M. F. **Bourion** et M[lle] O. **Hun**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons opéré dans les solutions 0,25M, 0,5M et 0,6125M [1].

	Paraldéhyde.		Acétone.		Éther.	
Concentration.	Δ.	k.	Δ.	k.	Δ.	k.
Sulfate d'ammonium : 0,25M.						
0,125..........	0°,307	23,84	–	–	–	–
0,250..........	0,621	23,78	0°,557	21,62	0°,578	22,35
0,375..........	0,941	23,61	0,837	21,49	0,871	22,19
0,500..........	1,261	23,36	1,129	21,55	1,176	22,22
0,625..........	1,597	23,28	1,419	21,49	1,494	22,32
0,750..........	1,936	23,13	1,710	21,39	1,808	22,25
0,875..........	–	–	2,006	21,32	2,145	22,36
1,000..........	–	–	2,313	21,33	2,428	22,42
1,125..........	–	–	2,626	21,33	–	–
1,250..........	–	–	2,943	21,33	–	–

(1) Voir F. Bourion et E. Rouyer, *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 585; **191**, 1930, p. 1062; **192**, 1931, p. 557 et 1924; **194**, 1932, p. 1240; F. Bourion et M[lle] O. Hun, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 2050; M[lle] O. Hun, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 177.

Concentration.	Paraldéhyde. Δ.	k.	Acétone. Δ.	k.	Éther. Δ.	k.
			Sulfate d'ammonium : 0,5 M.			
0,125..........	0°,388	29,75	–	–	–	–
0,250..........	0,779	29,36	0°,639	24,45	0°,681	25,96
0,375..........	1,173	29,03	0,982	24,85	1,057	26,60
0,500..........	1,579	28,83	1,302	24,50	1,432	26,67
0,625..........	–	–	1,634	24,39	1,785	26,44
0,750..........	–	–	1,971	24,31	2,172	26,35
0,875..........	–	–	2,331	24,42	2,572	26,42
1,000..........	–	–	2,670	24,27	2,983	26,50
1,125..........	–	–	3,021	24,19	–	–
			Sulfate d'ammonium : 0,6125 M.			
0,125..........	0,433	32,90	–	–	–	–
0,250..........	0,845	31,66	0,675	25,65	0,745	28,19
0,375..........	1,283	31,53	1,034	25,98	1,143	28,50
0,425..........	1,456	31,37	–	–	–	–
0,500..........	–	–	1,392	26,01	1,543	28,53
0,625..........	–	–	1,759	26,07	1,955	28,59
0,750..........	–	–	2,109	25,83	2,353	28,34
0,875..........	–	–	2,442	25,41	2,764	28,20
1,000..........	–	–	2,812	25,38	–	–
1,125..........	–	–	3,165	25,17	–	–
1,250..........	–	–	3,550	25,18	–	–
			Sulfate de magnésium : 0,25 M.			
0,125..........	0,303	23,48	–	–	–	–
0,250..........	0,610	23,38	0,554	21,77	0,564	22,19
0,375..........	9,925	23,31	0,826	21,47	0,867	22,36
0,500..........	1,241	23,28	1,112	21,49	1,114	22,26
0,625..........	1,559	23,01	1,402	21,49	1,471	22,25
0,750..........	1,859	22,48	1,693	21,44	1,772	22,07
0,875..........	–	–	1,976	21,26	2,089	22,04
1,000..........	–	–	2,277	21,25	2,421	22,08
1,125..........	–	–	2,513	21,16	2,761	22,11
1,250..........	–	–	2885	21,16	–	–

Concentration.	Paraldéhyde. Δ.	Paraldéhyde. k.	Acétones. Δ.	Acétones. k.	Éther. Δ.	Éther. k.
Sulfate de magnésium : 0,5 M.						
0,125..........	0°,372	29,30	–	–	–	–
0,250..........	0,750	29,04	0°,625	24,56	0°,662	25,91
0,375..........	1,126	28,62	0,953	24,65	1,029	26,54
0,500..........	1,514	28,39	1,276	24,65	1,385	26,49
0,625..........	–	–	1,604	24,58	1,740	26,32
0,750..........	–	–	1,937	24,53	2,106	26,23
0,875..........	–	–	2,270	24,43	2,489	26,26
1,000..........	–	–	2,607	24,33	2,868	26,16
1,125..........	–	–	2,943	24,25	–	–
1,250..........	–	–	3,303	24,23	–	–
Sulfate de magnésium : 0,6125 M.						
0,125..........	0,396	31,08	–	–	–	–
0,250..........	0,788	31,37	0,673	26,36	0,739	28,83
0,375..........	1,184	29,89	1,023	26,50	1,108	28,47
0,500..........	1,581	29,56	1,361	26,22	1,488	28,35
0,625..........	–	–	1,705	26,05	1,881	28,34
0,750..........	–	–	2,050	26,88	2,263	28,08
0,875..........	–	–	2,410	26,85	2,672	28,09
1,000..........	–	–	2,761	25,69	–	–
1,125..........	–	–	3,130	25,66	–	–
1,250..........	–	–	3,494	25,55	–	–

De l'étude précédente il résulte que :

1° Le paraldéhyde ne possède pas de constante cryoscopique déterminée dans les solutions de sulfates d'ammonium et de magnésium; toutes choses égales d'ailleurs, ce paramètre croît avec la dilution, est plus élevé pour le sel de magnésium que pour celui d'ammonium et, dans le même sens, il y a dépolymérisation croissante du paraldéhyde.

2° Les solutions des deux sels précédents manifestent, au contraire, une constante cryoscopique bien définie au regard de l'acétone et de l'éther; sa valeur est :

	0,25 M.		0,5 M.		0,6125 M.	
	$SO^4(NH^4)^2$.	SO^4Mg.	$SO^4(NH^4)^2$.	SO^4Mg.	$SO^4(NH^4)^2$.	SO^4Mg.
Acétone.........	21,41	21,39	24,42	24,47	25,64	25,97
Éther...........	22,30	22,14	26,42	26,27	28,44	28,35

Elle est sensiblement la même pour chaque substance organique dans le sulfate d'ammonium et le sulfate de magnésium, croît avec la concentration en sel et est plus grande pour l'éther que pour l'acétone.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la surtension électrolytique initiale du dégagement de l'hydrogène sur le mercure.* Note [1] de M. **René Dufour**, présentée par M. Jean Perrin.

Les écarts considérables qui existent entre les valeurs trouvées par différents auteurs, employant des méthodes diverses, nous ont conduit à penser que les conditions expérimentales dans lesquelles ils se sont placés ne sont pas suffisamment définies.

La surtension électrolytique ayant les caractères d'un phénomène d'irréversibilité nous avons essayé d'éliminer les causes connues de l'irréversibilité (et plus particulièrement celles qui se traduisent par des diffusions) de manière à rester en présence d'un phénomène pur.

Nous avons cherché à réaliser différents états d'équilibre d'une électrode de mercure en présence d'acide sulfurique normal (1^{mol} SO^4H^2). Ces états d'équilibre doivent être caractérisés par une concentration uniforme et stationnaire de tous les constituants en présence, tout au moins dans un volume assez grand de part et d'autre de la surface de séparation mercure-électrolyte.

Voici à titre d'exemple comment un des états d'équilibre expérimentés a été obtenu :

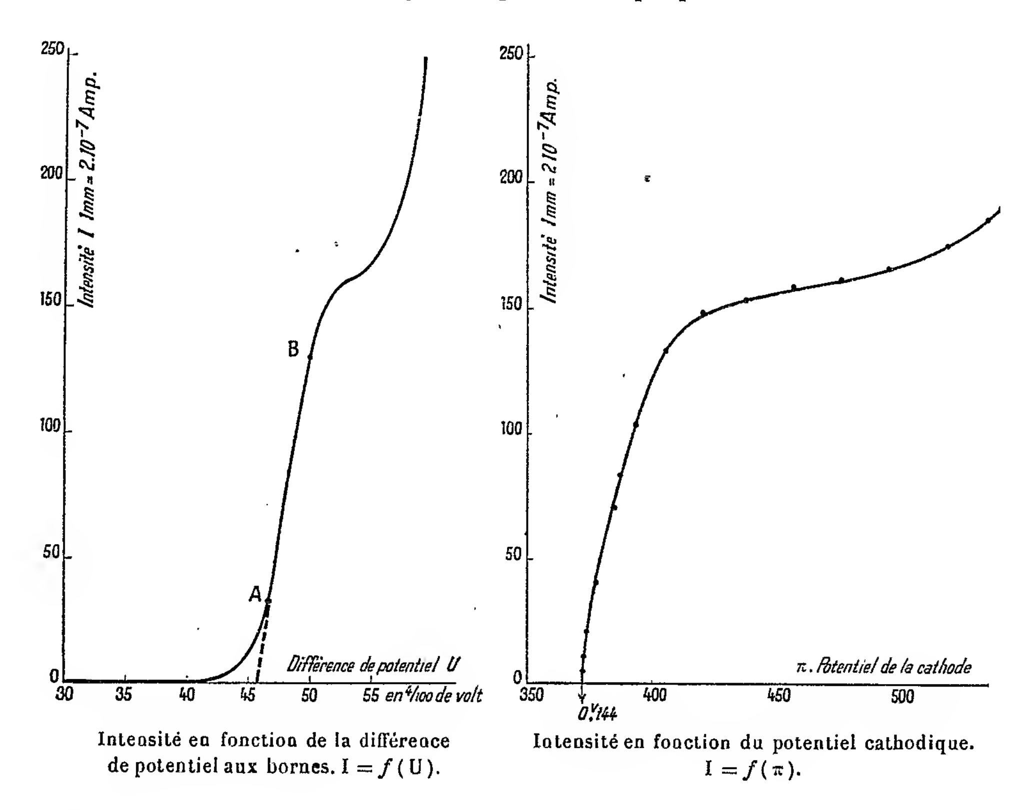
La surface de mercure (10^{cm^2}) a été polarisée cathodiquement pendant deux heures sous une intensité de 50 milliampères. Le dégagement de l'hydrogène électrolytique était abondant. Pendant ce temps une circulation d'hydrogène pur était établie au sein de l'électrolyte. Le courant de polarisation étant interrompu, ainsi que le barbotage d'hydrogène, on a abandonné le système à lui-même, mesurant de minute en minute le potentiel du mercure. Ce potentiel diminue d'abord très vite puis plus lentement ; il tend ensuite vers une valeur constante ($\pi = 0,144$ volt) qui se maintient très longtemps (plus d'une heure) pour enfin diminuer rapidement et se rapprocher du potentiel de l'électrode au sulfate mercureux.

C'est l'état de l'électrode quand la valeur constante du potentiel est atteinte que nous avons choisi comme un des états d'équilibre, à partir duquel nous avons cherché à mesurer la surtension initiale ou moindre surtension. Nous avons effectué cette mesure par la méthode directe ou du

---

(1) Séance du 6 février 1933.

point anguleux. La cathode de mercure était associée à une anode de platine poli pour former une pile aux bornes de laquelle on appliquait initialement une différence de potentiel juste égale à sa propre force électromotrice



Intensité en fonction de la différence de potentiel aux bornes. I = *f* (U).

Intensité en fonction du potentiel cathodique. I = *f* (π).

(laquelle correspondait au potentiel cathodique de 0,144 volt par rapport à l'électrode normale d'hydrogène) ; puis on augmentait de minute en minute et par quantités égales la différence de potentiel appliquée. On mesurait à la fin de chaque minute l'intensité du courant et le potentiel de la cathode de mercure. On a tracé les deux courbes représentant :

L'intensité en fonction de la différence de potentiel aux bornes de la cellule I = *f*(U) ;

L'intensité en fonction du potentiel cathodique I = *f*(π).

L'examen de ces courbes conduit aux remarques suivantes :

La partie rectiligne A, B de la courbe I = *f*(U) correspond à un dégagement permanent d'hydrogène sous la concentration d'équilibre choisie. Tant que ce dégagement est faible il ne modifie pas sensiblement la concentration d'équilibre et le potentiel de la cathode n'augmente d'abord que

très peu à partir de sa valeur d'équilibre. Quand le dégagement ou la durée de passage du courant deviennent plus importants, la concentration de l'hydrogène au voisinage de la cathode augmente, ce qui conduit à une augmentation de l'énergie libre de la réaction correspondante; le potentiel de l'électrode augmente alors sensiblement.

La surtension, d'abord nulle, prend naissance avec le courant et augmente avec lui.

En résumé, l'étude de la surtension électrolytique dans le cas d'un métal déterminé, le mercure, placé dans des conditions particulières d'équilibre réversible, semble conduire à ce résultat que *la surtension initiale est nulle*.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude quantitative de l'action inhibitrice de quelques ions sur le pouvoir fluorescent de l'uranine*. Note [1] de M. **Jean Bouchard**, présentée par M. Matignon.

Francis Perrin [2] et Privault [3] ont signalé que certains corps incolores qui agissent comme catalyseurs négatifs vis-à-vis des réactions d'auto-oxydation ont la propriété d'inhiber les fluorescences par leur simple présence dans les solutions, la substance fluorescente ne semblant éprouver aucune modification chimique, comme permet de le constater l'invariabilité de son spectre d'absorption.

Nous nous sommes proposé d'étudier le phénomène quantitativement et, dans cette Note, nous donnons les résultats des mesures que nous avons effectuées à l'aide du fluoromètre de Francis Perrin, relativement à l'influence de divers sels alcalins sur la fluorescence de l'uranine en solution aqueuse.

Ayant reconnu antérieurement l'influence qu'exerce sur le pouvoir fluorescent de l'uranine la concentration en ions H^+ de ses solutions, nous avons opéré, dans tous les cas, sur des mélanges dans lesquels $NaOH$ existait à l'état de solution N/10.

Les expériences reviennent à comparer l'intensité de fluorescence d'une cuve contenant une solution témoin d'uranine avec celle d'une cuve contenant la solution à étudier. Un coin photométrique permet d'obtenir l'éga-

---

(1) Séance du 6 février 1933.

(2) F. Perrin, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1121.

(3) M. Privault, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1120.

lisation des deux plages lumineuses. En désignant par x et x_1 les déplacements du coin absorbant par rapport à la position du zéro pour deux solutions de pouvoirs fluorescents Φ et Φ_1, on a

$$\log_{10} \frac{\Phi}{\Phi_1} = a(x_1 - x),$$

a étant une constante caractéristique du coin qui, pour la longueur d'onde moyenne de fluorescence de l'uranine, peut être prise égale à l'unité.

Nous avons ainsi comparé le pouvoir fluorescent pour diverses concentrations de la substance fluorescente et diverses concentrations du sel introduit, de manière à pouvoir suivre séparément l'influence de la concentration en substance fluorescente pour une même concentration de sel et l'influence de la concentration saline pour une même concentration en matière fluorescente. Nous avons finalement reconnu : 1° que, pour une même concentration du sel, à condition toutefois que cette concentration ne soit pas trop considérable, le pouvoir fluorescent est une fonction exponentielle décroissante de la concentration en substance fluorescente, le coefficient exponentiel k étant le même qu'en l'absence de sel; 2° que, pour une même concentration en substance fluorescente, le pouvoir fluorescent est une fonction exponentielle décroissante de la concentration que possède dans le mélange le sel introduit, avec un coefficient exponentiel h lié à la nature du sel.

Dans ces conditions, en désignant par Φ_0 le pouvoir fluorescent spécifique maximum rapporté à l'unité de masse de la substance fluorescente, le pouvoir fluorescent Φ d'un mélange contenant la substance fluorescente sous la concentration c et le sel sous la concentration s est fourni par la relation

$$\Phi = \Phi_0 e^{-(kc+hs)}.$$

En exprimant les concentrations c en grammes de fluorescéine acide par litre, nous avons

$$k = 0,488.$$

Le tableau suivant donne les valeurs des coefficients h relatifs à divers ions étudiés à l'état de sels de sodium ou de potassium, les concentrations β étant exprimées en grammes par litre.

Ions.	*h.*	Ions.	*h.*
$S^{=}$	0,153	$S^2O^{4=}$	0,022
CNS^{-}	0,100	$S^2O^{3=}$	0,021
I^{-}	0,069	NO^{2-}	0,016
		$AsO^3H^{=}$	0,012

Les ions NO^{3-}, Cl^{-}, Br^{-}, F^{-}, CN^{-}, $CO^{3=}$, $SO^{3=}$, $SO^{4=}$, $AsO^{4\equiv}$, $PO^{4\equiv}$, $CH^{3}CO^{2-}$, $HC^{2}O^{4=}$ peuvent être considérés comme inactifs et caractérisés par une valeur pratiquement nulle du coefficient *h*.

On sait que les ions actifs se rapportent tous à des sels alcalins signalés comme antioxygènes par Moureu et Dufraisse, ce qui confirme les remarques antérieures de Francis Perrin et Privault. Mais en outre les valeurs du coefficient *h* contenues dans le tableau précédent permettent de caractériser et d'évaluer le pouvoir inhibiteur des divers ions.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'acide γ-oxycrotonique* trans. Note de M. **R. Rambaud**, présentée par M. G. Urbain.

L'acide $CH^{2}OH - CH = CH - COOH$ est susceptible d'exister sous deux formes stéréoisomères. La forme *cis*, d'après la règle de Van't Hoff. doit seule donner, ou donner avec la facilité la plus grande, une lactone par déshydratation. Or, jusqu'ici, les tentatives faites pour isoler un acide γ-oxycrotonique avaient abouti à l'obtention de cette lactone (1), ce qui semblerait indiquer que c'est à la forme *cis* qu'avaient conduit les essais de synthèse.

Nous avons pu obtenir cependant la forme *trans* à l'état pur, par saponification totale du γ-acétoxycrotonate d'éthyle (ou de méthyle), obtenu lui-même selon le procédé ayant fait l'objet d'une précédente Communication (2). La saponification est effectuée de préférence par la potasse en solution aqueuse chaude; elle peut l'être par la baryte, à moins de zéro degré, mais avec un rendement inférieur :

$$CH^{3}COOCH^{2} - CH = CH - COOC^{2}H^{5} \rightarrow CH^{2}OH - CH = CH - COOH.$$

Elle conduit par une extraction soignée à l'éther après acidulation, à un produit solide qu'on purifie par de nombreuses cristallisations daus l'acétate d'éthyle.

Il se présente alors sous forme de cristaux incolores en forme de prismes trapus, solubles dans l'eau et l'alcool, très peu dans l'éther, fondant à 108°,5 et auxquels l'analyse et la cryoscopie assignent la formule $C^{4}H^{6}O^{3}$.

---

(1) Lespieau, *Comptes rendus*, 138, 1904, p. 1051.
(2) Kirrmann et Rambaud, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1168.

C'est un monoacide, comme l'indiquent les dosages d'acidité (indice de neutralisation 101). Nous n'avons pas isolé de sels cristallisés.

C'est un monoalcool qui peut donner une acétine par l'action de l'anhydride acétique et de l'acétate de sodium. Cette acétine est cristallisée et fond à 94°. Sa constitution a été prouvée par des dosages d'acidité, une combustion, et son identité absolue avec une acétine obtenue, d'autre part, par action de l'acétate de sodium sur l'acide γ-bromocrotonique (expériences inédites).

C'est un composé éthylénique susceptible d'absorber du brome (indice de brome mesuré au mélange bromure-bromate : 106) et de donner un dibromure cristallisé fondant au Maquenne à 156°, et se décomposant dès 121° au tube capillaire.

Les positions respectives des groupes acide et alcool ont été déterminées par oxydation. L'action de CrO^3 en solution acétique froide et en présence de SO^4KH (1) a conduit à l'acide fumarique, vérifié par son point de sublimation, son poids moléculaire déterminé par acidimétrie, le point de fusion de son sel d'hydrazine, et enfin sa transformation en acide succinique par hydrogénation catalytique au noir de platine (2).

Elles furent contrôlées par l'hydrogénation catalytique de l'acide alcool lui-même. Il se transforme par absorption d'une molécule d'hydrogène en un liquide légèrement épais, à forte odeur butyrique qui, par distillation, aurait dû fournir la γ-butyrolactone (3) (sa trop faible quantité n'a pas permis de le vérifier) et qui par oxydation chromique a conduit à l'acide succinique, vérifié par son point de fusion.

Ces divers faits permettent d'affirmer qu'on est en présence de la forme trans de l'acide γ-oxycrotonique

```
CH²—OH  H
|       |
C═══════C
|       |
H       COOH
```

Cette forme est stable et ne donne pas de lactone par déshydratation. Elle ne distille pas, même dans le vide, mais s'y décompose lorsqu'on l'y chauffe fortement.

---

(1) Willstaeter, Mayer et Hüni, *Lieb. Ann. Chem.*, 378, 1910, p. 114.

(2) Faillebin, *Thèse*, Paris, 1925.

(3) Fittig et Chanlarow, *Lieb. Ann. Chem.*, 226, 1884, p. 327.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle méthode générale de synthèse des aldéhydes.* Note de MM. **G. Darzens** et **Maxence Meyer**, présentée par M. Béhal.

Toutes les méthodes actuellement connues pour préparer directement les aldéhydes R—CHO en prenant comme point de départ les alcools ROH ou leurs dérivés halogènes RX reposent essentiellement sur l'action des dérivés organomagnésiens RMgX sur l'acide formique ou ses dérivés comme l'ester formique, l'éther orthoformique, les dialcoylformiamides, l'éthoxyméthylèneaniline. Malgré la généralité de ces méthodes elles peuvent se trouver toutes en défaut ou amener à de mauvais rendements lorsque le dérivé organomagnésien est d'obtention difficile; il semble donc important de disposer d'un autre procédé n'utilisant pas ce dérivé.

La nouvelle méthode de synthèse des aldéhydes qui est le sujet de la présente Note est exempte de ce reproche et met directement en œuvre les dérivées halogènes RX faciles à préparer avec les alcools ROH; elle repose sur les réactions suivantes :

Dans une première phase on fait réagir le composé RX sur le dérivé sodé de l'éther éthoxy-malonique de formule (I) de manière à obtenir l'éther éthoxymalonique substitué de formule (II) :

$$\begin{array}{ccccccccc}
COOC^2H^5 & & COOC^2H^5 & & CO^2H & & CO^2H & & CO \\
| & & | & & | & & | & & + \\
Na—C—OC^2H^5 & \rightarrow & R—C—OC^2H^5 & \rightarrow & R—C—OC^2H^5 & \rightarrow & R—COC^2H^5 & \rightarrow & R—CHO \\
| & & | & & | & & | & & + \\
COOC^2H^5 & & COOC^2H^5 & & CO^2H^5 & & H & & C^2H^5OH \\
(I). & & (II). & & (III). & & (IV). & &
\end{array}$$

Ce dernier par saponification donne d'abord le diacide (III) puis par distillation dans le vide l'acide α-éthoxy (IV). Dans une deuxième phase on décompose cet acide α-éthoxylé par surchauffe vers 280°-300° à la pression normale de manière à obtenir l'aldéhyde R-CHO suivant une réaction publiée dernièrement par l'un de nous en collaboration avec M. A. Lévy (1).

L'éther éthoxymalonique est un corps très accessible et se prépare facilement par la méthode de Wislicenus qui consiste à condenser l'éther oxalique avec l'éthoxyacétate d'éthyle et à décomposer ensuite par simple distillation l'éther éthoxyoxalacétique (2).

(1) G. Darzens et A. Lévy, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 348.

(2) Wislicenus et Hunzeshermer, *Ber. Deut. chem. Gesells.*, 31, 1898, p. 552.

Il en résulte une méthode très générale de préparation des aldéhydes que l'on réalise de la manière suivante :

On commence par préparer le dérivé sodé de formule (I) en traitant dans un ballon surmonté d'un réfrigérant, une molécule-gramme d'éther éthoxy malonique dans un mélange de 500g de toluène sec et 50g d'alcool absolu par 23g de sodium en fil ou en poudre. Après disparition du sodium, il est bon, en général, de chasser autant que possible l'alcool par distillation à la pression ordinaire en surmontant le ballon d'un Vigreux. On ajoute ensuite une molécule du dérivé RX et, suivant les cas, on chauffe de 30 minutes à 3 heures. La réaction terminée on reprend par de l'eau, on décante la solution toluénique qui est lavée, séchée puis concentrée dans le vide pour chasser le toluène, le résidu est enfin rectifié au vide. Les autres opérations sont faites suivant les méthodes connues. Les exemples suivants montrent la généralité de la méthode :

Par l'action de HBr sur l'alcool laurique on prépare le bromure de lauryle $C^{12}H^{25}Br$. Ce dernier en réagissant sur l'éther éthoxymalonique donne l'éther lauryléthoxymalonique, corps distillant à 196-197° sous 6mm. Par saponification on obtient le diacide correspondant fondant à 75° et celui-ci donne successivement l'acide α-éthoxymyristique distillant à 212° sons 14mm puis l'aldéhyde tridécylique normale déjà connue.

Le chlorure de benzyle permet de même d'obtenir l'éther benzyléthoxymalonique distillant à 162° sous 6mm, le diacide fondant à 73°, l'acide α-éthoxy-β-phénylpropionique bouillant à 174-175° sous 16mm et l'aldéhyde phényléthylique.

Le bromure de phényléthyle donne un éther phényléthyléthoxymalonique distillant à 178° sous 7mm, le diacide correspondant fondant à 79°, l'acide α-éthoxyphénylbutyrique distillant à 180 sous 16mm et enfin l'aldéhyde hydrocinnamique.

Le bromure de cyclohexyle permet également d'obtenir un diacide fondant à 146° et l'aldéhyde hexadrobenzoïque mais, dans ce cas, les rendements sont moins bons et faute de matière première nous n'avons pu obtenir l'acide éthoxy correspondant.

Nous continuons ces recherches en appliquant la méthode à des dérivés halogénés de constitution complexe.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la vitesse de dégagement des hydrocarbures engendrés par action de l'indène sur les dérivés organomagnésiens aliphatiques. Méthode de mesure de la force de liaison des radicaux alcoyles avec le groupe magnésyle.* Note [1] de MM. **D. Ivanoff** et **I. Abdouloff**, transmise par M. V. Grignard.

Dans un travail avec A. Spassoff [2], nous avons montré que le dégagement gazeux d'hydrocarbures qui accompagne la réaction entre $C^6H^5.CH^2.CO^2.MgCl$ et les organomagnésiens aliphatiques peut donner une mesure de la force de liaison du radical alcoylé avec le groupe magnésyle, — MgX.

D'après les résultats obtenus, nous avons dressé la liste suivante, dans le sens des forces de liaison décroissantes :

$$CH^3 > i - C^4H^9 > \text{sec} - C^4H^9 > n - C^3H^7 > C^2H^5 > i - C^3H^7.$$

Il était intéressant de voir si, dans une autre réaction analogue, ce classement des radicaux se maintiendrait. La réaction étudiée est celle découverte par MM. V. Grignard et Ch. Courtot [3] entre l'indène et les dérivés organomagnésiens mixtes. Cette réaction s'effectue à 100°, en milieu toluénique, d'après l'équation

$$C^6H^4\langle CH=CH, CH^2\rangle + RMgX = C^6H^4\langle CH=CH, CHMgX\rangle + RH.$$

Cependant les réactifs de Grignard étant peu solubles dans le toluène, nous avons été obligés de remplacer ce solvant par de l'éther butylique normal. Dans ce milieu, l'homogénéité se conserve pendant toute la durée de la réaction.

Les essais ont été faits avec les réactifs suivants :

$$CH^3MgI, \quad C^2H^5MgBr, \quad n - C^3H^7MgBr, \quad i - C^3H^7MgBr, \quad n - C^4H^9MgBr,$$
$$i - C^4H^9MgBr \quad \text{et} \quad \text{sec} - C^4H^9MgBr.$$

Chaque essai a été fait en double et l'on a pris la moyenne.

---

(1) Séance du 5 février 1933.

(2) D. Ivanoff et A. Spassoff, *Bull. Soc. chim.*, 51, 1932, p. 619.

(3) *Comptes rendus*, 152, 1911, p. 272.

En considérant les résultats obtenus (voir *fig.* 2), on peut, semble-t-il, classer les radicaux, dans le sens des forces de liaison décroissantes, de la façon suivante :

$$i - C^4H^9 > CH^3 > n - C^4H^9 > \text{sec} - C^4H^9 > n - C^3H^7 > C^2H^5 > i - C^3H^7.$$

Le classement des radicaux reste le même, avec cette petite différence, qu'ici l'$i - C^4H^9$ et le CH^3 ont échangé leurs places. Il semble donc que les forces de liaison de ces deux radicaux soient très voisines [1].

L'appareil dont nous nous sommes servis pour ces mesures est représenté sur la figure 1.

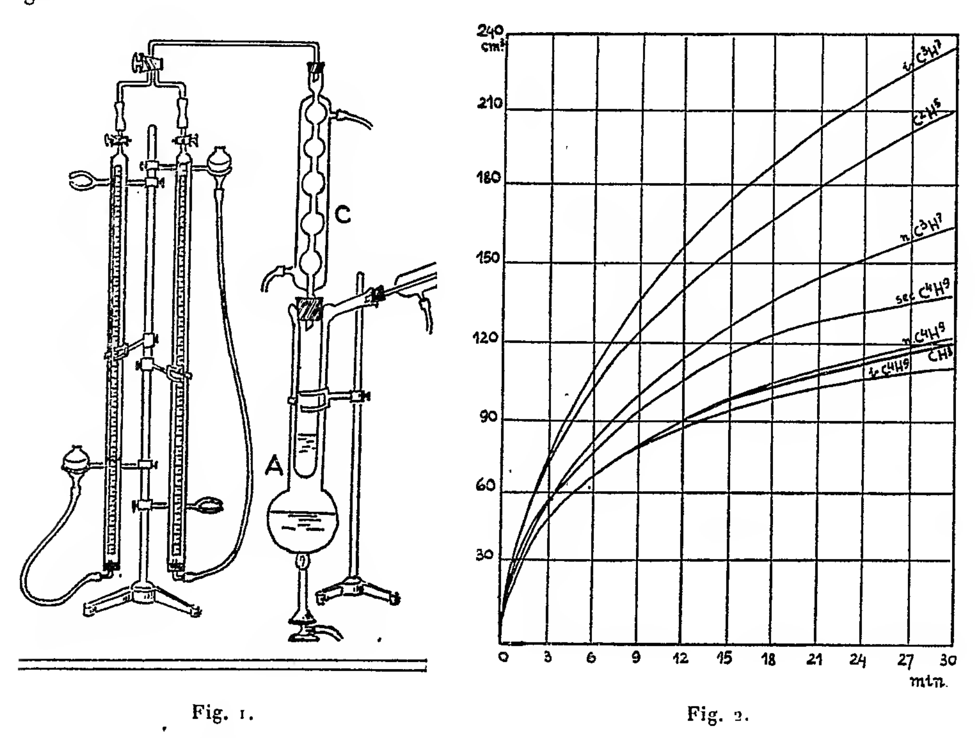


Fig. 1. Fig. 2.

La réaction se fait à température constante dans une jaquette thermostatique qui contient 95^{cm^3} d'alcool butylique normal. On opère sur 0,02 mol-g. d'indène et 0,02 mol-g. de dérivé magnésien. Le réactif de Grignard est préparé avec $11^{cm^3},5$ d'éther éthylique, puis ce dernier est remplacé par de l'éther butylique normal. A cette fin, on ajoute à la solution magnésienne environ 10 à 12^{cm^3} d'éther butylique et l'on chasse

---

[1] Le radical $n - C^4H^9$ occupe la même place que dans le premier travail (courbe non tracée).

par distillation l'éther ordinaire, jusqu'à 114°,5. Puis on laisse revenir la température de la jaquette à 40-50° et l'on introduit l'indène et le reste de l'éther butylique dont la quantité totale est $21^{cm^3},5$. On chauffe l'alcool butylique à l'ébullition et le dégagement commence aussitôt. La lecture du volume est faite chaque minute.

Les résultats sont consignés dans le diagramme ci-contre (*fig.* 2) qui a pour ordonnées les volumes gazeux en centimètres cubes (réduits) et pour abscisses les temps en minutes.

PÉTROGRAPHIE. — *Étude du métamorphisme de contact à l'aide des minéraux lourds.* Note de M. **L. Berthois**, présentée par M. L. Cayeux.

Dans les régions à topographie ancienne comme la Bretagne, où les roches sont profondément altérées et recouvertes par la végétation, il est souvent très difficile d'étudier le métamorphisme au contact du granite et des roches sédimentaires.

Dans une étude récente, faite pour le levé de la carte géologique des massifs granitiques de la région de Vitré-Laval (massifs de Balazé, de Princé, de Dompierre-du-Chemin, de la Croixille, d'Alexain, du Pertre), où les affleurements sont rares et les roches presque toujours altérées au contact du granite, j'ai pu me rendre compte de l'intérêt qu'il y aurait à adjoindre l'étude des minéraux lourds des arènes à l'étude des plaques minces de roches, prélevées dans les gisements où l'on peut obtenir des échantillons non altérés.

Une première étude des contacts granitiques de cette région avait été faite par M. Vandernotte [1], à l'aide de la méthode pétrographique ordinaire, mais l'altération habituelle des roches ne lui avait permis d'étudier qu'une faible partie des contacts. Dans d'autres cas, (massif de la Croixille) les échantillons frais de roche sédimentaire qu'il avait pu prélever, trop éloignés du granite, ne présentaient plus de modifications métamorphiques.

D'autre part, l'étude micrographique des contacts de la granulite du Pertre avec les schistes X (Briovérien) avait fourni des résultats si incertains que M. Vandernotte [2] n'avait pu conclure d'une façon catégorique au métamorphisme de ces schistes, bien que la carte géologique d'Œlhert [3]

---

(1) L. Vandernotte, *Contribution à l'étude géologique des roches éruptives de la bordure sud-est du massif armoricain.* Thèse, Imp. Levé, 1913, p. 26-33.

(2) L. Vandernotte, *loc. cit.*, p. 18.

(3) Carte géologique détaillée au 1/80 000e, feuille de Laval, n° 76.

indiquât au Sud-Est du Pertre une petite zone de schiste X métamorphisé.

J'ai repris l'étude de ces contacts granitiques en m'aidant de l'examen des minéraux lourds, et j'ai pu mettre en évidence des modifications endomorphiques importantes du granite, qui se traduisent par la présence de nombreux silicates de métamorphisme et d'un métasilicate.

Voici quelques ensembles de minéraux observés aux contacts du granite avec diverses roches sédimentaires :

Massif de la Croixille. Contact avec l'X : zircon, sphène, monazite, *andalousite*, *sillimanite*, *grenat*, tourmaline.

Massif de Balazé. Contact avec d^{sa}, s^{4} : zircon, monazite, *andalousite*, brookite, tourmaline, *hornblende commune*.

Massif de Princé. Contact avec l'X : zircon, sphène, monazite, *andalousite*, *sillimanite*, *grenat*, *staurotide*, anatase, tourmaline, *hornblende commune*.

L'étude des contacts du massif granulitique du Pertre (granite à deux micas) m'a montré que si les modifications exomorphiques des schistes étaient très faibles, les modifications endomorphiques de la roche éruptive étaient beaucoup plus nettes et se traduisaient par d'importantes modifications dans son cortège de minéraux lourds : présence de grenat et de staurotide.

D'autre part, la quantité d'arène traitée à chaque séparation au bromoforme est voisine de 15^{cm^3}, volume relativement considérable comparé à celui d'une plaque mince de roche ; aussi la méthode d'étude des arènes me paraît-elle plus sensible. Quelques comparaisons que j'ai faites permettront d'en juger.

Dans le massif de Princé (au Crossot) une séparation au bromoforme m'a fourni près de 400 fragments de hornblende ; une plaque mince de roche fraîche prélevée au même endroit n'en contenait que 6.

Mais la différence est particulièrement frappante lorsque les silicates de métamorphisme sont rares : Dans le massif du Pertre, près Brielles, une séparation a fourni environ 400 zircons et 4 grenats, les coupes minces de la granulite du Pertre ne renferment pas plus d'une dizaine de zircons chacune ; une seule séparation au bromoforme représente donc pour trouver 4 grenats la même probabilité que 40 plaques minces.

Conclusions. — L'étude du métamorphisme de contact, faite à l'aide des plaques minces de roche, peut être complétée par l'étude des minéraux lourds.

Et lorsqu'il est impossible de prélever des échantillons frais on peut étudier le métamorphisme avec les arènes seules.

Par suite de la quantité relativement considérable d'arène soumise aux séparations cette méthode permet de déceler des modifications métamorphiques relativement peu importantes, qui pourraient échapper à l'examen par la méthode habituelle des plaques minces.

GÉOLOGIE. — *Sur les racines du témoin du massif de Xauen (Rif espagnol).* Note de M. **P. Fallot**, présentée par M. Ch. Jacob.

La zone paléozoïque interne du Rif, appuyée contre le secondaire de la chaîne calcaire et le recouvrant au Nord de l'Oued Lau [1], le chevauche pareillement au Sud. Quinze kilomètres au Sud-Est de la rivière, le témoin paléozoïque couronnant le massif du Dj. Tazaot [2] est accompagné d'une série d'autres lambeaux (Dj. Tigrimuras et sommets voisins). Leur Primaire est séparé du calcaire liasique et des puissantes dolomies, formant le socle de la chaîne, par un Flysch au moins en partie lutétien. Localement, des cargneules jaunes s'intercalent suivant le contact.

Vers le Sud-Ouest, d'autres témoins, formés de dolomies et de Lias, constituent les massifs de la Cudia Asernan, de Agla et du Dj. Tidufal. Ce dernier couronne les hauteurs dominant à l'Est l'Oued Farda [3].

Or c'est entre l'O. Farda et la zone du Flysch que s'élève le haut massif du Dj. Magou. J'ai montré en 1931 qu'il était charrié. Du fait des témoins intermédiaires et de l'absence d'imbrications ou de ligne d'enracinement selon l'O. Farda, tout ce massif du Magou ainsi que ses prolongements septentrionaux formant le chaînon du Dj. Timokra (Dj. Aguedem de la carte française et de mon croquis) doit être rattaché aux témoins du Dj. Tazaot. Il n'y a donc dans ce tronçon de la chaîne qu'une série de base, sans doute en place, sur laquelle reposent les débris d'une nappe dont la racine est beaucoup plus interne que je ne l'avais admis

---

(1) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 194.

(2) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 552.

(3) Carte espagnole au 1/50000e, feuilles Xauen et Tazaot. Cet oued coulant du Sud au Nord, vers Talambot, est parallèle, 15^{km} à l'Est, à celui qui, sur la carte française et mon croquis (*Comptes rendus*, 193, 1931, p, 424) porte ce nom.

en 1931, alors que je n'avais pu ni camper dans ces montagnes, ni les étudier avec des levers topographiques exacts.

Le socle calcaire du Dj. Tazaot subit une forte descente axiale au Nord, vers la cluse de l'O. Lau, comme les accidents du Dj. Kelti s'ennoient au Sud vers la même cluse, qui se trouve donc correspondre à une zone d'abaissement d'axes. Des lambeaux de Permo-Trias reposent sur des coussinets de Flysch à Isuriah [1] et Agan de part et d'autre de l'O. Lau et rendent très clair le dispositif. Il en résulte que le Paléozoïque de Talembot et du Dj. Adgoz pourrait, malgré certaines apparences périphériques locales, notamment au Nord, être lui-même non pas autochtone comme je l'ai cru (*loc. cit.*), mais charrié. Il représenterait un élément avancé du Paléozoïque interne du Rif, très abaissé dans un synclinal transversal et chevauchant la chaîne calcaire.

Vers le Sud du Dj. Tazaot, les restes de la série charriée semblent diminuer d'extension et se limiter à un grand paquet synclinal coupé par l'O. Bou Zlef et prolongé de la Cudia Asernan au Dahar Chudar et à Adeldal. Le témoin du Dj. Amatras flottant sur le Flysch de la vallée du haut O. el Had en est, d'ailleurs, un débris assez éloigné. Le reste de la chaîne calcaire paraît autochtone, comme nous l'avons dit en 1930, MM. Marin, Blumenthal et moi.

On y distingue deux zones anticlinales. L'une, interne, s'allonge à partir de la Hauta de Kashdir et s'incurve pour former la Cudia Talamsque, le Dj. Agbrod, le Dj. Axafaha et se continuer plus à l'Est; l'autre, externe, apparaît sous le massif charrié de Xauen à Bab Tigi Mandu. Cette dernière forme, vers le Sud-Est, la Cudia Chantus, le Dj. Lexchab (Dj. Khmès) et elle se termine par l'anticlinal du Dj. Xerafat dont l'extrémité, ennoyée et affectée de cassures de détail, disparaît sous le Flysch externe au Had de Beni Derkoul. Entre les deux anticlinaux, s'élargit, graduellement, du Nord-Ouest au Sud-Est, le Flysch de la dépression synclinale du haut O. el Had. Une faille à grand rejet, presque verticale, le sépare de l'anticlinal du Dj. Lexchab.

En 1931, cet accident et l'existence, au sommet du Dj. Lexchab du Rhétien couronnant un puissant complexe dolomitique supposé jurassique, m'avait fait évoquer la possibilité de complications tectoniques nouvelles dans cette partie de la chaîne. En réalité, la série dolomitique semble bien

[1] *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 195, une figure.

appartenir ici, comme dans le haut O. Farda et le massif du Dj. Kelti, à un ensemble concordant et normal. Rien jusqu'ici ne permet de considérer comme charriée cette série basale qui constitue l'essentiel de la chaîne calcaire.

La faille de l'O. el Had n'est pas la seule cassure avec cette orientation. Entre le Sud du Dj. Tidufal et les Beni M'Hamed, une série d'imbrications très redressées affectent à la fois la série basale et des éléments charriés; elles indiquent des ruptures à regard Nord-Est, sans doute provoquées par la résistance du puissant ensemble anticlinal du Dj. Lexchab.

Le raccord des unités en recouvrement de part et d'autre de l'O. Lau est délicat. Il semble qu'à la masse chevauchante Dj. Tazoat-Dj. Magou et à l'écaille supérieure formant dans ce dernier massif l'arête du Dj. Amesif, correspondent respectivement, au Nord-Ouest du Flysch rentrant dans la dépression de l'O. Lau, la masse du Dj. Kelti et le lambeau de la Cudia el Babat.

PALÉONTOLOGIE. — *Mammifères quaternaires d'Ounianga Kebir (Tibesti sud-oriental).* Note de MM. **L. Joleaud** et **J. Lombard.**

Des ossements fossiles viennent de nous être aimablement communiqués par le lieutenant Paris de Bollardière, qui les a découverts à Ounianga Kebir (Tibesti sud-oriental), non loin du point d'intersection des frontières de l'Afrique équatoriale française, de la Libye et du Soudan anglo-égyptien. Ces ossements ont été trouvés à la surface d'un sol argileux, à 50^{m} au-dessus du lac principal d'Ounianga Kebir et à 600^{m} de la rive sud de cette nappe d'eau salée, par 19°03′ de lat. N et 20°29′ de long. E de Grenwich. Les os, qui sont enrobés dans une gangue de grès quartzeux à ciment ferrugineux provenant sans doute d'arènes granitiques, ont été évidemment entraînés dans un ancien fond de lac. La région, parcourue en 1914 par le général Tilho, se présente comme une vaste dépression, longue de 6 à 7^{km}, large de 3 à 4 et encadrée de falaises gréseuses avec pitons granitiques.

La faune fossile comprend : 1° de nombreux ossements (fragments de maxillaires supérieurs et inférieurs, dents isolées, radius et fémurs) d'*Hippopotamus amphibius* L., appartenant à trois individus au moins et révélant des animaux de dimensions égale et légèrement inférieure à celles d'un

Hippopotame actuel de taille moyenne (une molaire et un fémur indiquent un jeune individu); 2° quelques pièces (morceaux de défense, omoplates, fémurs) d'*Elephas sp.*, provenant d'au moins quatre individus, deux de dimensions un peu inférieures à celles d'un Éléphant d'Afrique de taille moyenne et deux autres d'un tiers inférieures aux précédentes; 3° quatre fragments de mandibule de *Sus scrofa* L., indiquant un Sanglier de forte taille.

Une des parties de mandibule de Sanglier porte encore deux arrière-molaires et une petite partie antérieure de la troisième arrière-molaire, ainsi que la dernière prémolaire : le nombre et la disposition des tubercules des molaires et le raccourcissement des prémolaires révèlent une complexité plus grande que celle réalisée généralement dans les Potamochères et rappelle par contre celle observable dans les Sangliers proprement dits. La deuxième molaire, qui est la mieux conservée, fait voir par exemple dans sa moitié postérieure un grand nombre d'éléments secondaires (une douzaine environ de chaque côté de l'axe longitudinal de la dent, indépendamment des tubérosités interlobaires). Peut-être, il est vrai, cette multiplication des tubercules est-elle en rapport avec les dimensions de la dent. La longueur de l'ensemble P_4-M_2 du Sanglier d'Ounianga Kebir est de 80^{mm}, alors que cette longueur est seulement de 60^{mm} sur la mandibule du Sanglier quaternaire de Grimaldi, déjà d'assez forte taille selon M. Boule. Des animaux offrant des dimensions comparables à celles du Suidé du Tibesti ont été décrits de l'Inde : la longueur P_4-M_2, qui varie de 87 à 83^{mm} dans *Potamochœrus* (*Dicoryphochœrus*) *titan* Lydekker du Pliocène ancien, atteint seulement 70^{mm} dans *Pot. giganteus* Falc. et Cautl. du Pliocène récent. Provisoirement le Sanglier d'Ounianga Kebir peut être envisagé comme une forme géante de *Sus scrofa* [1].

Les restes de Suidé et d'Hippopotame d'Ounianga Kebir sont nettement plus fossilisés que ceux d'Éléphant. D'autre part, dans tout le Sahara intérieur [2], il n'a jamais été observé d'image rupestre d'Hippopotame, alors

(1) Un Sanglier de ce même groupe, *Sus scrofa sennaarensis* Fitzinger vit encore au Sennaar et au Kordofan.

(2) Dans le Sahara proche du littoral atlantique une image d'Hippopotame a été indiquée du Tazeroualt (Sous) par Duveyrier d'après les estampages du rabin Mardochée; d'autre part. Hippopotames et Buffles vivaient encore à la Saquiet el Hamra (Rio de Oro) au temps de Pline et Strabon : mais la sécheresse s'est accentuée incontestablement bien moins vite auprès du rivage atlantique que dans le centre du Sahara.

que l'éléphant figure fréquemment dans les gravures sur rocher : l'Hippopotame a donc disparu du centre du grand désert avant l'Éléphant.

Avec les ossements de Mammifères ont été trouvées à Ounianga Kebir deux vertèbres d'un fort Silure, sans doute *Lates niloticus* L. Des restes fossiles de ce Poisson avaient déjà été indiqués au Sud du Tibesti, dans le Borkou et l'Egueï par F. Priem en 1914 et J. Pellegrin en 1920.

Tout récemment le capitaine Poggi a recueilli à 50^{km} au Nord d'Araouan sur la piste allant à Taoudéni, par 19°30′ de lat. N et 3°40′ de long. W de Greenwich, des restes d'Hippopotame, de Crocodile, de Tortue et de Silure avec des silex néolithiques (détermination F. Roman) (1). Ces ossements d'Araouan, que P. Faucheux a bien voulu nous communiquer, quoique bien fossilisés, le sont beaucoup moins que tous ceux d'Ounianga Kebir. L'état de ces derniers permet de penser qu'il s'agit d'une faune remontant au Quaternaire ancien. La gangue des fossiles tibestiens rappelle d'ailleurs celle des os de Vertébrés du gisement de l'Omo (Éthiopie), d'âge également quaternaire très ancien, semble-t-il. L'antiquité du gîte d'Ounianga Kebir s'harmoniserait bien avec la persistance de l'Hippopotame, disparu depuis longtemps du Sahara, et avec la présence d'une forme de Suidé géant, aujourd'hui éteint.

Ce Suidé révèle une extension géographique remarquable du groupe de *Sus scrofa*, dont la limite méridionale de l'aire de dispersion passe actuellement par le Sous marocain, les Ksours du Sud oranais, les régions de Biskra et de Gabès, la Cyrénaïque, le Sennaar et le Kordofan. Au Soudan oriental, comme au Tibesti, un Sanglier eurasiatique voisine ainsi avec les Hippopotames africains : à l'époque où vivaient à Ounianga Kebir Sangliers et Hippopotames, de vastes nappes d'eau (2) occupaient le pays devenu depuis complètement désertique (3).

---

(1) Le capitaine Cortier avait déjà indiqué, d'après des dires indigènes, la présence de restes d'Hippopotames, de Crocodiles et de « traces humaines » à Taoudéni (R. Chudeau, *Sahara soudanais*, 1909, p. 281).

(2) Un peu plus au Nord, dans le Fezzan, à Oubari, entre Rhat et Mourzouk, L. Frobenius vient de découvrir de nombreuses gravures rupestres de Rhinocéros, Buffles, Crocodiles, etc. Des Crocodiles vivants existent d'ailleurs encore : 1° dans le Tassili des Azdjer, à l'oued Ihmirou, entre Fort-Polignac et Djanet (Ouest de Rhat); 2° à la grotte d'Archeï, au milieu des gorges de la Soala, au Sud de Fada, dans l'Ennedi, à 250^{km} du SSE d'Ounianga Kebir (renseignement nouveau du lieutenant Paris, de Bollardière).

(3) Un minuscule lac d'eau douce à petits Poissons (*Hemichromis*, *Tilapia*) subsiste seul à Ounianga Serir.

BIOLOGIE AGRICOLE. — *Influence du milieu sur la valeur boulangère des blés.* Note de M. **Marcel Chopin**, présentée par M. L. Blaringhem.

Les essais d'un blé à l'extensimètre [1] conduisent à un diagramme de déformation de la pâte permettant de mesurer l'indice de gonflement G (aptitude de la pâte à se développer en membrane mince) et le travail spécifique W de déformation d'un gramme de pâte (depuis l'état massif jusqu'à la rupture de la membrane). Les caractéristiques G et W d'une même sorte varient suivant le lieu de récolte. Cette influence du milieu s'étudie en comparant les résultats donnés par plusieurs variétés récoltées dans des milieux différents. Certains sols donnent par exemple des diagrammes allongés (G élevé); d'autres des diagrammes courts. Les variations du W, facteur le plus représentatif de la variété au point de vue de la valeur boulangère, sont particulièrement intéressantes à observer.

Les blés atteints de maladies qui modifient la nutrition du grain, et par suite le W, doivent être exclus de ces comparaisons. MM. Bœuf et Matweef [2] ont montré par exemple l'influence notable de la rouille sur ce facteur. Lorsque les variétés se développent normalement dans deux milieux, on constate que ces variétés, classées suivant les W, se rangent sensiblement dans le même ordre; le rôle de l'assolement se manifeste d'une façon analogue : c'est ce qu'ont déjà signalé en particulier MM. J. Loeb [3], Molle et Dumon [4].

A la suite d'un récent examen de variétés de blé récoltées en 1932 dans les Centres nationaux d'expérimentation agricole de Grignon, Metz, Rennes, Reims, examen entrepris à la demande de la Commission d'Études de la valeur boulangère des blés, j'ai pu généraliser ces constatations de la manière suivante :

Si l'on porte en ordonnées les W de différentes variétés récoltées dans un milieu A, et en abscisses les W des mêmes variétés récoltées dans un

(1) *Comptes rendus*, 172, 1921, p. 450; *Bull. Soc. d'Enc. Ind. Nat.*, 133, 1921, p. 261; *Cereal Chemistry*, 4, 1927, p. 1.

(2) *C. R. A. Agriculture*, 17, 1931, p. 121.

(3) *Off. Rég. Agricole de l'Est* (*Bull.* n° 36, 1931, et n° 39, 1932).

(4) *Centre d'expér. de la val. boulangère des blés de Crest*, C. R. récolte 1931.

milieu B, on constate que les points figuratifs définissent une droite issue de l'origine des coordonnées. Le coefficient angulaire de cette droite, indépendant de la nature des variétés, définit ce que nous appellerons le rapport caractéristique WA/WB des deux milieux.

J'ai résumé dans le tableau ci-dessous les résultats de onze graphiques réunissant deux à deux les différents centres quand ils comprenaient au moins quatre variétés communes. Ce tableau porte dans chaque cas l'écart moyen des points figuratifs, et la dernière ligne concerne un autre lieu de production (N) où l'on relève une diminution notable et régulière des W.

Milieu A.	Milieu B.	Nombre des variétés comm.	Écart moyen en pour 100.	Rapport WA/WB.
Metz (tréfle)	Grignon (sainf.)	10	10,8	1,19
Metz (tréfle)	Rennes (p. de t.)	7	11,4	1,22
Metz (tréfle)	Reims	9	10,7	1,20
Metz (p. de t.)	Grignon (better.)	5	5,1	1,07
Metz (p. de t.)	Rennes (better.)	7	12,0	1,09
Grignon (sainf.)	Metz (p. de t.)	4	20,0	1,04
Grignon (sainf.)	Rennes (p. de t.)	13	15,8	1,09
Grignon (sainf.)	Reims	9	10,3	1,10
Rennes (better.)	Grignon (better.)	4	3,5	1,06
Rennes (p. de t.)	Reims	6	10,8	1,07
Metz (tréfle)	N.	4	4,5	1,46

L'alignement des points, excellent pour certains graphiques, est beaucoup moins accusé pour d'autres, sans que la proportionnalité d'ensemble cesse de s'affirmer. J'ai utilisé en effet tous les résultats obtenus, en nombre insuffisant dans certains cas, alors que certains échantillons n'étaient pas, par suite de circonstances climatériques défavorables, dans un parfait état sanitaire. Les divergences s'expliquent en outre par les erreurs expérimentales, l'influence inégale de la maturation sur les W, et par la non-identité des semences représentatives de la variété quand celle-ci n'est pas entièrement fixée. Pour ces raisons, certains des rapports WA/WB, indiqués ci-dessus à titre d'exemple, ne sont connus qu'approximativement. Ces causes multiples de divergence soulignent encore l'intérêt présenté par le groupement convenable des points dans la plupart des graphiques.

L'existence, entre les W de variétés récoltées dans deux milieux diffé-

rents, d'un rapport sensiblement constant, semble indiquer que les modifications apportées dans la composition des protéines par le milieu où se développe la plante, s'effectuent en général de la même manière pour toutes les variétés. La considération du rapport caractéristique des milieux facilitera l'étude des facteurs qui influent sur la valeur boulangère.

PHYSIOLOGIE. — *La couverture des dépenses azotée et sulfurée par la cystine au niveau du métabolisme protéique endogène.* Note de MM. **Emile-F. Terroine, P. Mezincesco** et M[lle] **Simone Valla**, transmise par M. d'Arsonval.

Contre la possibilité d'une couverture partielle de la dépense azotée endogène spécifique par les sels ammoniacaux organiques une objection a été formulée par Gessler, fondée sur le fait que l'ingestion de ces corps, si elle est bien suivie par une amélioration du bilan azoté, ne modifie en rien l'excrétion du soufre. La base d'une telle objection est l'admission d'un parallélisme entre métabolisme azoté et métabolisme sulfuré. Or, rien ne prouve la nécessité, en toutes circonstances, de ce parallélisme.

D'une part, s'attaquant directement à la question, Terroine, Bonnet, Chotin et M[lle] Mourot montrent, par la comparaison de protéines efficaces et inefficaces, qu'en utilisant des quantités appropriées, une même amélioration du bilan azoté peut être obtenue par l'adjonction de gélatine ou d'albumine de blanc d'œuf à une ration glucidique; mais la seconde seulement permet une réduction de la perte de soufre.

D'autre part, divers essais mettent en évidence la possibilité de dissociation du métabolisme de l'azote et de celui du soufre : Forbes constate, dans l'élevage du porc, que le rapport N/S des rétentions varie de 5,5 à 11,2 suivant la nature de l'alimentation; Seuffert et Marks, puis Seuffert, Ito et Yokohama, Mezincesco enfin, s'accordent à reconnaître l'action favorable sur le bilan azoté d'ingestion d'acides aminés non indispensables sans modification correspondante du bilan de soufre; Wilson observe qu'après substitution du blanc d'œuf à un régime sans protéines, la rétention de l'azote est indépendante de celle du soufre.

De l'indépendance, au moins relative, des besoins de l'organisme en éléments constitutifs des molécules protéiques, il nous a paru qu'on pouvait donner une preuve plus immédiate encore en cherchant les effets de la seule

administration de cystine. On sait, en effet, ainsi que nous venons de le rappeler, que l'addition d'un acide aminé quelconque à une alimentation glucidique permet une économie marquée de la dépense azotée sans diminuer la perte de soufre. Que détermine, dans les mêmes conditions, l'introduction de cystine? C'est ce que nous avons recherché grâce à notre méthode habituelle.

Lorsque des porcs sont amenés avec certitude au niveau minimum de leur dépense azotée endogène spécifique par une ration convenable, on ajoute à cette ration de la cystine, introduisant avec elle une quantité d'azote à peu près égale à celle qui mesure la dépense minima. Les effets que cette adjonction provoque sur les métabolismes azoté et sulfuré sont alors mesurés et l'on trouvera dans le tableau ci-dessous quelques-uns des résultats observés. (Toutes les valeurs sont exprimées en g.)

Caractère de la ration.	N apporté par la cystine.	S apporté par la cystine.	N bilan.	S bilan.	S neutre de l'urine.
Porc n° 17 :					
Alimentation glucidique	–	–	−1,213	−0,052	0,041
» + cystine	1,165	2,670	−1,000	+0,854	0,300
Porc n° 18 :					
Alimentation glucidique	–	–	−1,476	−0,067	0,049
» + cystine	1,282	2,937	−1,050	+0,798	0,325
Porc n° 22 :					
Alimentation glucidique	–	–	−1,282	−0,125	0,065
» + cystine	0,992	2,269	−0,899	+0,619	0,295
Porc n° 23 :					
Alimentation glucidique	–	–	−1,593	−0,135	0,073
» + cystine	1,282	2,937	−1,393	+0,536	0,518

Sans doute, l'introduction de la cystine, comme celle des acides aminés antérieurement étudiés, permet-elle une économie partielle de la dépense azotée; mais, comme dans tous les cas précédents, le bilan reste toujours négatif. En revanche, le bilan de soufre devient, grâce à elle, très fortement positif. Dans un Mémoire plus étendu nous montrerons qu'il ne s'agit

pas là d'une rétention temporaire, mais bien d'un bénéfice réel pour l'organisme.

Il n'y a donc certainement pas parallélisme nécessaire, en toutes circonstances, du métabolisme de l'azote et du métabolisme du soufre; on peut parfaitement admettre une action s'exerçant sur l'un d'eux seulement. D'autre part, la présente constatation apporte un nouvel appui à la doctrine, proposée par l'un de nous, d'après laquelle le besoin protéique de l'organisme doit être subdivisé en fractions multiples et, dans une large mesure, indépendantes.

Accessoirement, nous nous contenterons, pour le moment, de signaler l'augmentation considérable du soufre neutre indiquant que l'oxydation de la cystine, ingérée seule, est loin d'être complète.

PHYSIOLOGIE. — *L'excrétion comparée du soufre neutre dans les métabolismes azotés endogène et exogène et sa signification.* Note de M. **O. V. Amann** et Mlle **Gilberte Mourot**, présentée par M. d'Arsonval.

Que l'excrétion urinaire du soufre neutre est entièrement indépendante du niveau du métabolisme azoté, c'est là une donnée assez généralement admise par les physiologistes. La constance d'excrétion de ce produit en fait, pour eux, depuis Folin, le témoin de processus relevant uniquement du métabolisme endogène. Dans deux cas extrêmes, Folin avait en effet relevé un rejet de soufre neutre de $0^g,20$ pour une excrétion azotée quotidienne de $3^g,60$ et de $0^g,18$ pour une excrétion azotée de $16^g,8$. Mais de nombreuses recherches ultérieures, résumées jusqu'en 1926 dans l'ouvrage de Kahn et Goodridge (*Sulfur metabolism*, Lea et Febiger, Philadelphie and New-York), donnent des résultats bien différents. Les résumer toutes est impossible ici; rappelons seulement ce qu'écrivent Kahn et Goodridge : « L'effet de l'alimentation sur l'excrétion du soufre neutre est très marqué. » Il importe donc de décider si, oui ou non, l'excrétion du soufre neutre est liée uniquement aux processus de dégradation des tissus. Question d'importance capitale devant certaines doctrines actuelles du métabolisme azoté endogène.

Mitchell, Nevens et Kendall, reprenant et précisant des vues déjà exprimées par Osborne et Mendel, puis par Sherman, déclarent que, dans les

conditions normales d'alimentation, le métabolisme endogène n'est pas protéique. Or, il est évident que si la dégradation des protéines alimentaires ne livre rigoureusement pas de soufre neutre, ce sera là un sérieux argument en faveur de cette manière de voir. L'origine du soufre neutre devrait être recherchée ailleurs que dans la destruction des protéines endogènes.

Il nous a paru que l'étude du problème devait être reprise, d'une part en prenant comme point de départ le rejet de S neutre lors de la dépense azotée endogène minima, lequel n'a point encore été mesuré; d'autre part, en augmentant l'amplitude des différences de niveau du métabolisme azoté beaucoup plus qu'on ne l'a fait jusqu'ici. Dans ce but nous nous sommes adressés à des porcs de grande taille (100 à 150^{kg}) chez lesquels on peut faire varier considérablement le taux protéique de la ration. Dans un premier temps, l'animal est amené au niveau minimum de son métabolisme azoté par l'octroi prolongé d'un régime alimentaire ne contenant pas de matières protéiques. Puis, sans changer sensiblement la valeur énergétique globale de la ration, on substitue à l'amidon, constituant essentiel du régime sans protéines, de la farine de pois. Dans l'exemple ci-dessous rapporté, les quantités d'azote ingérées s'élèvent ainsi, par palliers successifs, de 1^{g},65 (alimentation à peu près uniquement glucidique) à 30^{g},7; 50^{g},4; 77^{g},12; et 100^{g}. Bien entendu, l'animal étant toujours en croissance, il retient une part importante de cet azote, mais il en rejette une quantité de plus en plus grande. La destruction azotée varie donc, comme en témoignent les valeurs de l'azote urinaire, dans la proportion de 1 à 3,7, 11 et 14.

Caractère du métabolisme.	N ingéré.	S ingéré.	N urinaire total.	S urinaire total.	S acide.	S neutre
Dépense azotée endogène minima........	g 1,650	g 0,172	g 4,85	g 0,791	g 0,654	g 0,137
Prédominance du métabolisme exogène : les rations contiennent des quantités progressivement croissantes de matières protéiques apportées par la farine de pois............	30,7	1,67	14,93	1,051	0,888	0,162
	50,4	2,61	32,95	1,437	1,227	0,210
	77,12	3,69	53,60	2,237	1,869	0,367
	100,0	5,63	70,96	3,009	2,582	0,427

Or, l'excrétion de soufre neutre s'élève parallèlement et d'une manière

qui est loin d'être négligeable. On ne saurait donc maintenir sur la base de l'excrétion du soufre neutre la conception d'une différence essentielle entre métabolisme endogène et métabolisme exogène.

Il n'est pas douteux, toutefois, que d'importants problèmes restent posés à la suite de nos constatations, qui ne sont point en opposition avec celles de Folin, mais les complètent. En effet, dans l'expérience ci-dessus rapportée, le passage de la période de dépense azotée endogène minima à la première période de dégradation protéique exogène n'entraîne qu'une très faible élévation de l'excrétion du soufre neutre. Or, le métabolisme azoté total s'est élevé dans la proportion de 1 à 3 alors qu'il variait dans celle de 1 à 4 lorsque Folin n'observait pas, chez l'homme, de modification du soufre neutre.

Pour mettre en rapport la production du soufre neutre avec la dégradation des protéines exogènes, il a donc fallu augmenter considérablement, et beaucoup plus que ne l'avait fait Folin, l'apport de ces matières. Qu'est-ce à dire, sinon que la formation de soufre neutre, incontestable, est toutefois beaucoup plus faible dans le métabolisme exogène que dans le métabolisme endogène.

Doit-on en conclure que le soufre neutre représente dans le métabolisme endogène le résidu d'opérations multiples parmi lesquelles la dégradation protéique n'occupe qu'une place médiocre? Doit-on penser, conformément à une curieuse observation de Rubner, que l'oxydation des déchets est d'autant moins poussée qu'on se rapproche davantage du métabolisme minimum? Des études en cours nous permettront peut-être de choisir entre ces deux hypothèses.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Le glucose et la mue des Crustacés.* Note de Mme **Andrée Drilhon**, présentée par M. L. Joubin.

Dans une série de recherches antérieures portant sur la métamorphose des Insectes, nous avons été amenée à étudier les variations de la teneur de ces animaux en hydrate de carbone et spécialement en glucose.

Nous avons montré que, chez les Lépidoptères, la crise de métamorphose amène une grosse consommation de leurs réserves hydrocarbonées.

Cette consommation semble dégager l'énergie nécessaire au double et

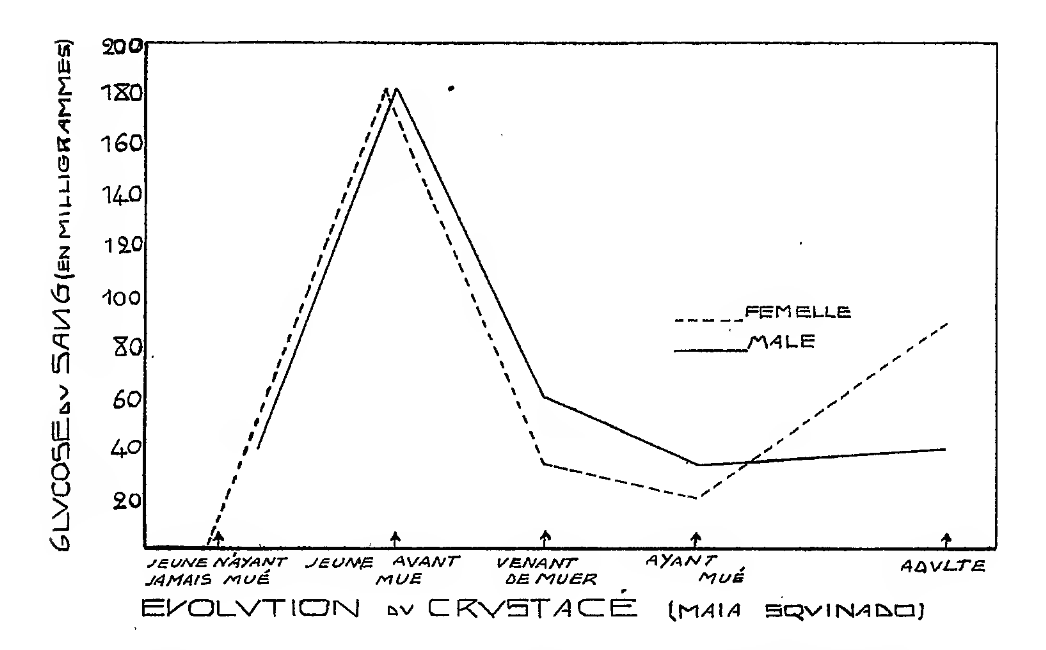
formidable travail d'analyse et de synthèse qui s'opère au sein des tissus de l'insecte.

Nous ne voulons pas mettre en parallèle des faits aussi distincts que la métamorphose des Insectes et la mue des Crustacés.

Néanmoins, il est indéniable qu'une dépense d'énergie intracellulaire est faite par l'animal au moment de la mue.

C'est pourquoi nous avons essayé de voir comment se comportait une substance énergétique comme le glucose à cette époque critique de la vie de l'animal.

Notre étude a porté sur plusieurs espèces de Crabes, mais nous n'avons pu expérimenter sur tous les stades qui nous intéressaient que sur la seule espèce *Maïa squinado*.



Nous nous devions, en effet, d'opérer sur chaque sexe mâle et femelle aux études suivantes :

1° Sur des jeunes immatures;
2° Sur des jeunes avant la mue;
3° Sur des jeunes venant de muer;
4° Sur des jeunes ayant mué depuis plusieurs jours;
5° Sur des adultes.

Le sang a été recueilli par section d'une ou plusieurs pattes, et les dosages ont été effectués par la méthode de Baudoin et Lewin.

La courbe ci-dessus résume nos résultats exprimés en milligrammes par litre.

On peut en déduire à l'allure des deux courbes superposables que le taux du glucose s'élève dans le sang au moment de la mue et disparaît quand la mue est effectuée.

Même en tenant compte de la diminution du liquide cavitaire durant la période qui précède la mue, la quantité de glucose est très nettement supérieure à la teneur des adultes.

A noter que cette teneur en glucose des adultes est faible. La femelle paraît en contenir plus que le mâle.

Mais fait important à signaler, quel que soit l'état de développement de l'animal, jeune immature, ou adulte, et quel que soit le sexe, la quantité de glucose total contenu dans un animal entier est constante.

Si après avoir pesé le crabe, on opère un broyat total et qu'on rapporte les résultats à 1000^g de tissus frais, on trouve les chiffres suivants :

	Mâle.	Femelle.
	Jeune immature.	
N° 1	3^g,62	3^g,45
N° 2	3,60	3,49
N° 3	3,56	–
	Adultes.	
N° 1	3,49	3,40
N° 2	3,45	3,45

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Sensibilité de certaines Souris sauvages au virus de la fièvre jaune.* Note de M. **J. Laigret**, présentée par M. F. Mesnil.

Max Theiler a établi que la souris blanche est sensible au virus amaril inoculé par la voie intracérébrale. Cette inoculation détermine chez elle une encéphalite mortelle, précédée d'une phase paralytique. L'animal n'est pas sensible au virus s'il lui est inoculé par d'autres voies.

A notre connaissance, la sensibilité des Souris sauvages n'a pas été recherchée. Nous l'avons étudiée pour la variété grise de *Mus musculus musculus* (L.), et pour deux espèces africaines : *Mus musculus gentilis* (Brandt) et *Mus musculus azoricus* (Schinze).

I. *Mus musculus musculus*, variété grise. — Comme on pouvait s'y attendre, la sensibilité est la même que chez la Souris blanche : encéphalite mortelle à la suite de l'inoculation intracérébrale, pas de réaction à la suite de l'inoculation intrapéritonéale.

Avec le produit de broyage d'un cerveau 233 des passages réguliers, on inocule, par voie cérébrale, trois Souris grises constituant le lot 39, et, par voie péritonéale, trois exemplaires de la même espèce constituant le lot 41.

Lot 39 (*voie cérébrale*). — Une des Souris est sacrifiée au sixième jour; son cerveau, inoculé à trois Souris blanches, par voie cérébrale, les infecte dans les conditions habituelles. Les deux autres Souris grises du lot meurent avec paralysie au septième jour de l'inoculation.

Lot 41 (*voie péritonéale*). — Une des Souris est sacrifiée au sixième jour, une autre au quinzième; la dernière. réservée comme témoin, ne présente aucun signe d'infection. Les cerveaux des deux Souris sacrifiées ont été inoculés par voie intracérébrale à six Souris blanches sans résultat.

II. *Mus musculus gentilis*. — Sept Souris de cette espèce (lot 9) ont été inoculées dans le cerveau. Un seul exemplaire (lot 11) a été inoculé dans le péritoine.

Lot 9 (*voie cérébrale*). — Une des sept Souris ne s'est pas infectée. Cinq sont mortes aux cinquième, septième, neuvième, onzième et douzième jours : la phase paralytique a été nette chez deux d'entre elles. Pour la septième Souris, l'expérience a été volontairement arrêtée au sixième jour : l'animal étant sacrifié, les viscères abdominaux ont été inoculés dans le cerveau de deux Souris blanches qui ne se sont pas infectées; le cerveau a été inoculé par la même voie, à deux autres Souris blanches, dont l'une a contracté l'infection mortelle.

Lot 11 (*voie péritonéale*). — Le seul exemplaire inoculé n'a montré aucun signe d'infection.

III. *Mus musculus azoricus*. — Cette espèce s'est montrée sensible à l'inoculation intrapéritonéale.

Lot 12 (*voie péritonéale*). — Trois Souris inoculées, paralysées au cinquième jour de l'inoculation. Deux sont mortes. La troisième, sacrifiée, a servi aux passages suivants :

Inoculation du broyage des viscères abdominaux à trois Souris blanches par voie cérébrale : deux s'infectent, montrent la paralysie et meurent aux huitième et neuvième jours.

Inoculation du broyage des mêmes viscères à deux Souris blanches par voie cérébrale : deux s'infectent et meurent avec paralysie aux quinzième et dix-septième jours de l'inoculation.

Conclusions. — La variété grise de *Mus musculus musculus* se montre sensible, comme la variété blanche, à l'inoculation intracérébrale du virus amaril. Elle est insensible, comme la Souris blanche, à l'inoculation intrapéritonéale du virus.

Mus musculus gentilis se comporte de la même manière : infection mortelle à la suite de l'inoculation dans le cerveau, pas de réaction à la suite de l'inoculation dans le péritoine.

Mus musculus azoricus est sensible à l'inoculation intrapéritonéale qui détermine, chez elle, la paralysie et la mort. Les viscères et le cerveau sont virulents.

Un passage par *M. azoricus* n'a pas rendu le virus apte à infecter la Souris blanche par la voie du péritoine.

En dehors des Macaques, *Mus musculus azoricus* est le seul animal dont la sensibilité à l'inoculation intrapéritonéale du virus de la fièvre jaune nous soit connue. Il serait intéressant de chercher si, dans les conditions naturelles, cette espèce, ou d'autres espèces de Rongeurs, peuvent être infectées par le virus amaril.

La séance est levée à 15h45m.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE JANVIER 1933 (*suite et fin*).

Die Komposita im Isländischen, par ALEXANDER JOHANNESSON. Reykjàvik, Prentsmidjan Gutenberg, 1929; 1 fasc. 23cm.

Fornar Siávarminjar vid Borgarfjörd og Hvalalfjörd, par GUDMUNG G. BARDARSON, Akureyri, Prentsmidja odds Björnssonar, 1923; 1 vol. 23cm.

Les phénomènes élémentaires de la décharge électrique dans les gaz (*gaz rares*), par MARCEL LAPORTE. Paris, Les Presses universitaires de France, 1933; 1 vol. 24cm,5.

Traité du Calcul des probabilités et de ses applications. Tome I : *Les principes de la théorie des probabilités*. Fasc. IV : *Les principes de la statistique mathématique*, par R. RISSER et C.-E. TRAYNARD. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1933. 1 vol. 25cm.

Traité du Calcul des probabilités et de ses applications. Tome III : *Les applications de la théorie des probabilités aux sciences économiques et aux sciences biologiques*. Fasc. III : *Applications de la statistique à la démographie et à la biologie*, par R. RISSER. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1932; 1 vol. 25cm.

Les Arachnides de France, par EUGÈNE SIMON. Tome VI, 4e Partie contenant *Le Synopsis général et le Catalogue des espèces françaises de l'ordre des Arancæ* (suite). Paris, encyclopédie Roret, Edgar Malfère, 1932; 1 vol. 22cm,5. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

Flore générale de l'Indochine. Tome VI, fasc. 2, pages 129-288. *Marantacées* (fin), *Cannacées*, *Musacées*, par F. GAGNEPAIN; *Orchidacées*, par F. GAGNEPAIN et A. GUILLAUMIN. Paris, Masson et Cie, novembre 1932; 1 vol. 25cm,5.

Auguste Rateau (1863-1930), par ÉMILE JOUGUET. Extrait des *Annales des Mines*, livraison de septembre 1932. Paris, Dunod, 1932; 1 fasc. 22cm.

Leçons d'Analyse vectorielle. Première Partie : *Géométrie différentielle des courbes et des surfaces*, *Théorie mathématique des champs*, par GUSTAVE JUVET. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1933; 1 vol. 25cm,5. (Présenté par M. E. Cartan.)

Œuvres complètes de Christiaan Huygens, publiées par la SOCIÉTÉ HOLLANDAISE DES SCIENCES. Tome XVII : *L'horloge à pendule de* 1651 à 1666. *Travaux divers de physique, de mécanique et de technique de* 1650 à 1666. *Traité des couronnes et des parhélies*, 1662 ou 1663. La Haye, Martinus Nijhoff, 1932; 1 vol. 29cm.

Investigations sur les phénomènes lumineux accompagnant les tremblements de terre (en japonais), par KINKITI MUSYA. Tokio, Impérial University, 1932; 1 vol. 26cm,5.

ERRATA.

(Séance du 23 janvier 1933.)

Note de M. *Comas Sola*, Sur la vitesse radiale de quelques nébuleuses :

Page 251, ligne 4, *au lieu de* t' étant $< t$, *lire* E' étant $< E$.

(Séance du 30 janvier 1933.)

Note de M. *V. Hasenfratz*, Sur quelques propriétés de la lactone *d*-xylonique :

Page 351, ligne 10, *au lieu de* $H^2 5 O$, *lire* $5 H^2 O$.

(Séance du 6 février 1933.)

Note de M. *J. Costantin*, Objections à la théorie micorhizienne :

Page 381, ligne 2 à partir du bas, *au lieu de* symbiotise, *lire* symbiose.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 FÉVRIER 1933.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES RICHET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. A. **Lacroix** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire intitulé *La météorite (diogénite) de Tataouine, Tunisie* (27 *juin* 1931).

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Action de la vapeur d'eau sur les huiles lourdes pétrolifères et sur certains carbures cycliques*. Note de MM. C. **Matignon** et M. **Séon**.

Nous avons étendu les recherches précédentes (¹) concernant l'action de la vapeur d'eau sur les carbures d'hydrogène au cyclohexane, au cyclohexène, au gasoil et au mazout.

Le catalyseur employé est toujours la zircone et l'analyse des gaz obtenus est effectuée avec les appareils Hempel-Drehschmidt. Nous donnons ici quelques-uns de nos résultats.

Métaxylène. — La décomposition théorique du métaxylène en gaz carbonique et hydrogène correspond à une absorption de 9^{cal} par molécule d'hydrogène

$$C^6H^4(CH^3)^2 + 16H^2O = 8CO^2 + 21H^2 - 185^{cal},2.$$

Dans un essai effectué à 1000°, avec une quantité de vapeur d'eau double de la quantité théorique, nous avons obtenu un gaz présentant la composition suivante :

(¹) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 134; **196**, 1933, p. 77.

CO^2.	CO.	C^2H^4.	CH^4.	H^2.	Durée de contact.
21,2	7,0	0,7	5,8	64,0	2″

Cyclohexane. — On a

$$C^6H^{12} + 12H^2O = 6CO^2 + 18H^2 - 178^{cal},7,$$

soit $-9^{cal},6$ par molécule d'hydrogène.

A 1100° avec une quantité d'eau égale à 5,4 fois la quantité théorique, le gaz recueilli a comme composition :

CO^2.	CO.	C^2H^4.	CH^4.	H^2.	Durée de contact
16,3	5,5	12,2	14,7	48,5	1″

Cyclohexène. — Le cyclohexène a été traité par 7 fois la quantité d'eau théoriquement nécessaire. A 1100° le gaz dégagé a comme composition :

CO^2.	CO.	C^2H^4.	CH^4.	H^2.	Durée de contact.
15,7	4,4	10,7	9,4	58,2	0″,3

L'équation théorique de la décomposition correspond à une endothermicité de $8^{cal},5$ par molécule d'hydrogène,

$$C^6H^{10} + 12H^2O = 6CO^2 + 17H^2 - 144^{cal},8.$$

Gasoil. — Le gasoil avec lequel nous avons opéré était en réalité un mélange de kérosène, de gasoil proprement dit avec une petite quantité de fuelol comme nous l'a montré la courbe de fractionnement (30 pour 100 passant de 180° à 280° et 70 pour 100 de 280° à 380°). A 1000°, nous avons obtenu en présence de la zircone :

CO^2.	CO.	CH^4.	H^2.
16,5	7,4	0,0	76,2

en opérant avec un poids d'eau représentant 10,6 fois celui du gasoil et avec une vitesse de passage correspondant à une durée de contact avec le catalyseur de 1 seconde.

Il est particulièrement difficile d'obtenir un mélange homogène de vapeur d'eau et de vapeur de gasoil, de sorte que le résultat précédent obtenu avec un gaz capté au cours d'une opération ne correspond pas nécessairement aux caractéristiques indiquées. Les dernières traduisent l'état moyen pendant toute la durée de l'expérience.

Mazout. — Le mazout utilisé, soumis à une distillation progressive, dégage la moitié de son volume entre 275° et 375°; à partir de cette dernière

température, il commence à se décomposer et laisse comme résidu un coke représentant 18 pour 100 de son poids.

Une expérience faite à 1050°, toujours avec la zircone, nous a fourni, avec une quantité d'eau représentant 12 à 13 fois celle du mazout un gaz contenant encore du méthane et une quantité non négligeable d'oxyde de carbone

CO^2.	CO.	CH^4.	H^2.
23,4	5,7	2,4	67,9

La durée de contact a été de 8/10e de seconde.

Tous ces résultats établissent nettement l'action favorable de la zircone comme catalyseur d'hydratation, avec formation de gaz carbonique. Dans tous les cas on obtient une proportion élevée de gaz carbonique par rapport à celle du gaz oxyde de carbone, alors que dans les mêmes conditions, sans emploi de zircone, ce dernier gaz prédomine. L'état final paraît indépendant de la constitution du carbure et seulement de la teneur en carbure et en hydrogène.

Dans le cas du cyclohexène et du cyclohexane l'expérience signalée, effectuée avec une faible durée de contact, nous a fourni des quantités notables d'éthylène; c'est un produit qui semble toujours se former à partir des molécules stables, pour une durée de contact insuffisante.

En augmentant soit la durée de contact, soit la proportion de la vapeur d'eau, soit sur les deux facteurs à la fois, on voit progressivement disparaître le méthane et l'oxyde de carbone.

Il n'est pas douteux d'ailleurs qu'un deuxième traitement éliminerait pratiquement le méthane, formé comme produit transitoire.

L'ensemble de nos résultats paraît d'une importance indéniable pour la solution du problème envisagé : l'obtention économique de l'hydrogène.

GÉOLOGIE. — *Déformations des grès cambriens avec galets aux environs de Cherbourg.* Note de M. **A. Bigot**.

La série cambrienne débute dans le nord du Cotentin par des grès grossiers, en bancs bien lités, dont la structure et la composition ont été décrites par M. L. Cayeux (¹).

J'ai décrit cette formation en 1890 et donné une liste des roches des

(¹) L. Cayeux, *Les roches sédimentaires de France : Roches siliceuses*, 1929, p. 207, pl. X, fig. 39.

galets qu'elle contient ([1]). J'ai signalé aussi dans ce travail que ces grès avec galets se transformaient, aux environs de Cherbourg, en blaviérite, roche appelée stéaschiste noduleux par Brongniart, en 1814, et décrite en 1861, par Daubrée ([2]), qui avait observé les effets d'étirement et de glissement de ces roches.

Cette formation blaviériteuse est la continuation incontestable de la bande de grès feldspathiques, tronçonnée par des cassures transversales, qui forme le bord nord du Synclinal de Siouville et se poursuit par Aurigny jusqu'aux Casquets. Les grès et les conglomérats de cette bande sont identiques à ceux qui forment le flanc sud-est du Synclinal et qui contiennent à Saint-Germain-le-Gaillard, le Rosel, Couville, des galets formés des mêmes roches que ceux des grès blaviériteux. Ceux-ci doivent, comme ceux-là, être placés dans le Cambrien et non dans le Précambrien, âge qui leur a été attribué par Mme E. Jérémine ([3]).

Les caractères acquis par cette formation autour de Cherbourg sont dus à des déformations mécaniques. Dans cette région, située au croisement des accidents alignés suivant les deux directions du Cournouailles et du Léon, les couches sont renversées vers le Sud.

A l'Est de Cherbourg, de nombreuses carrières sont ouvertes au Béquet dans les grès de base du Cambrien, qui sont très épais. La disposition en lits, plongeant fortement au Nord, est conservée, mais les grès ont une tendance très nette à la schistosité.

A Cherbourg (Arsenal) et à Hainneville, les grès cambriens plongent faiblement vers le Nord sous les roches gneissiques précambriennes. A Hainneville, la disposition en bancs de la formation gréseuse est atténuée ou disparue et la roche est devenue nettement schistoïde. Cette schistosité résulte de la présence d'un minéral phylliteux, légèrement verdâtre, d'éclat nacré ou soyeux et blanc, qui enduit les grains de quartz et les galets. Ce minéral, analysé par M. Raoult, contient 0,97 de soude et 6,93 de potasse; sa composition le rapproche donc non de la paragonite, mais de la séricite. Il a dû prendre naissance dans les produits de transformation des feldspaths, dans les conditions de substitution étudiées par M. J. de Lapparent ([4]). L'état d'altération des grès ne permet pas d'observer si cette séri-

([1]) *Mém. Soc. Sc. Nat. et Math.*, *Cherbourg*, 27, 1890, p. 53; voir aussi *Livret-guide de la Réunion extraordinaire de la Soc. Géol. Fr.*, 1929, p. 39.

([2]) *Mém. Soc. Sc. Nat.*, *Cherbourg*, 8, 1861, p. 52.

([3]) *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 4e série, 30, 1930, p. 47.

([4]) *Étude comparative de quelques porphyroïdes françaises*, 1909, p. 5, 62 et 65.

cite est en relation avec un quartz de ciment, comme celle des grès feldspathiques d'Omonville, décrits par M. L. Cayeux.

Sur les surfaces exposées à l'air (Vallée de la Bonde, à Hainneville), l'altération de la roche rend plus apparente sa structure schistoïde, ainsi que la disposition et les déformations des galets. Les galets de quartz et de roches cristallines sont parfaitement arrondis; ils sont souvent allongés, disposés suivant le plan de la schistosité, qui coïncide ainsi avec les plans de sédimentation; la longueur de leur grand axe varie entre 2^{cm} et 20^{cm}, cette dernière dimension étant plutôt exceptionnelle. Le grès contient aussi des fragments anguleux, plats, de schistes verdâtres ou violacés, finement gaufrés.

La séricite en feuillets se moule sur les grains de quartz de la gangue; elle forme sur les galets de quartz un mince enduit, strié par le déplacement des grains de quartz de la gangue.

Les petits galets de quartz, jusqu'à la dimension d'environ 8^{cm}, sont aplatis, étirés, parfois impressionnés. Les galets de roches cristallines ou grenues ont été brisés, les fragments, légèrement déplacés, ont été entraînés dans le sens du déplacement des grès. Ces fragments sont soudés par des filonnets de quartz fibreux, épais de $0^{cm},5$ à 1^{cm}, dont les fibres sont perpendiculaires aux faces des cassures. Ce quartz de remplissage est ordinairement associé à du feldspath, plus rarement à de l'oligiste et à de la chlorite.

Aux extrémités du galet, le remplissage quartzeux s'amincit rapidement à partir du galet, donnant à celui-ci l'aspect « en bombe volcanique » d'un œil de mylonite.

Les déformations subies par ces galets sont semblables à celles qui ont été décrites par M. Ch. Barrois pour les galets des poudingues de Cesson (¹) et du Dourdu (²) : galets déformés, étirés, impressionnés, écrasés, brisés, ressoudés par du quartz, quelquefois reliés à la roche dans certains lits, phénomènes de déformation préparant ceux qui sont réalisés dans le boudinage (³).

Quand l'extrémité du galet est contiguë à sa gangue, le galet semble se fondre dans celle-ci, disposition signalée par Mme E. Jérémine.

La structure des roches cristallines ou grenues des galets a été modifiée par l'écrasement. Il s'est formé de très fines cassures, plus ou moins régu-

(¹) *Ann. Soc. Géol. du Nord*, **23**, 1895, p. 26.
(²) *Bull. Serv. Carte Géol. de France*, **17**, 1905-1906, n° 115, p. 36.
(³) Corin, *Bull. Soc. Belge Géol. Pal. Hydr.*, **42**, 1932, p. 101.

lièrement parallèles, qui ont été pénétrées par la séricite ou par de l'oligiste.

Ces caractères des grès cambriens des environs de Cherbourg résultent de l'entraînement, au-dessus d'eux, du massif précambrien qui les borde au Nord et qui s'est déplacé vers le Sud en les chevauchant. Cet écrasement est distinct de celui qui a produit, avant le Cambrien, le feuilletage des roches gneissiques du bord nord du Synclinal de Siouville.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Essai sur le développement de la théorie des fonctions de variables complexes*, par Gaston Julia.

2° *Nos Colonies*, par A. Meunier. Planche en couleurs contenant la carte de toutes les Colonies françaises au 1/10000000ᵉ et des cartes particulières à des échelles plus grandes.

3° C. Houard. *Les Zoocécidies des Plantes de l'Amérique du Sud et de l'Amérique Centrale.* (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

GÉOMÉTRIE. — *Sur certaines formes différentielles et les métriques associées.* Note (¹) de MM. **Paul Delens** et **Jacques Devisme**, présentée par M. Elie Cartan.

I. Les propriétés des espaces de Finsler et la métrique angulaire de Landsberg que viennent d'énoncer M. St. Golab et M. E. Cartan (²) nous ont conduits à considérer, de ce point de vue, certaines formes différentielles, déjà rattachées par l'un de nous à certaines équations aux dérivées partielles; les résultats, très simples pour ce cas, peuvent être intégrés dans une théorie générale dont nous donnons un court exposé.

1. Soient un espace F_n de Finsler et la forme métrique angulaire corres-

---

(¹) Séance du 13 février 1933.

(²) St. Golab, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 25 et 27.

pondante de Landsberg, représentés par [1]

$$(1) \qquad ds = F(x^i, dx^i) = F(x^i, p^i), \qquad -\Psi_2 = \frac{1}{F}\sum_{i,j} \frac{\partial^2 F}{\partial p^i \partial p^j} dp^i dp^j = d\psi^2,$$

Ψ_2 ne dépend, en dehors des variables x^i, que des rapports p^i/p^j et de leurs différentielles; on construit facilement d'autres formes différentielles du premier ordre, de degrés supérieurs, jouissant de la même propriété; la plus simple après Ψ_2 est

$$(2) \quad \Psi_3 = \frac{1}{2F}\left(\sum_{i,j,k} \frac{\partial^3 F}{\partial p^i \partial p^j \partial p^k} dp^i dp^j dp^k - 3\Psi_2 \sum_i \frac{\partial F}{\partial p^i} dp^i\right) \qquad (i, j, k = 1, 2, \ldots, n).$$

On mettrait en évidence la propriété énoncée en substituant aux p^i de nouvelles variables, soit F et $n-1$ variables *directionnelles*

$$\alpha^h (h = 1, 2, \ldots, n-1),$$

fonctions homogènes de degré zéro des p^i.

2. Considérons en $M(x^i)$ l'espace affin auxiliaire A_n d'origine M, où les p^i sont des coordonnées cartésiennes. Les formes Ψ_2, Ψ_3, ... peuvent s'interpréter dans une géométrie projective différentielle de l'hyperplan à l'infini H de A_n, définie par la forme $F(p^i)$; on reviendra à une interprétation affine sur l'hypersurface indicatrice (S), relative à M, d'équation $F(p^i) = 1$, perspective de l'hyperplan H.

Avec les nouvelles variables $X^i = p^i/F$, $\xi_i = \partial F/\partial p^i$, on aura

$$(3) \qquad F(X^i) \equiv 1, \qquad \sum_i X^i \xi_i \equiv 1,$$

$$(4) \qquad -\Psi_2 = \sum_i dX^i d\xi_i, \qquad \Psi_3 = \frac{1}{2}\sum_i (dX^i d^2\xi_i - d^2X^i d\xi_i \qquad (i = 1, 2, \ldots, n);$$

Ψ_2 *est la forme asymptotique de* (S), normée d'après $(3)_2$; la forme cubique Ψ_3 ne lui est pas apolaire en général. Les formes Ψ_2, Ψ_3, ... sont invariantes pour les affinités homogènes effectuées sur (S) par les changements de variables x^i.

Parmi les espaces de Finsler les plus simples sont ceux pour lesquels un

---

[1] La forme F est une fonction homogène du premier degré des dx^i; on suppose en général, dans la théorie des espaces de Finsler, cette forme *positive* et *positivement* homogène; nous ne tenons pas compte ici de ces restrictions, d'ailleurs faciles à rétablir.

choix convenable des variables x^i permet de ramener ds à une forme $R(p^i)$ indépendante des x^i, les indicatrices (S) des différents points M devenant équipollentes. Ces espaces R_n, à parallélisme absolu, étant affins, on pourra superposer à un espace R_n les espaces A_n correspondants.

3. C'est le cas de l'espace *quasi euclidien* R_3 déjà considéré par l'un de nous (¹), où

$$(5) \quad ds^3 = S(dx)^3 - 3\,dx\,dy\,dz = d\rho^3 + \rho^3(d\theta^3 + d\varphi^3) - 3\rho^2\,d\rho\,d\theta\,d\varphi = p^1 p^2 p^3;$$

on obtient, avec les variables $\alpha^1 = \Theta$, $\alpha^2 = \Phi$, telles que

$$X^1 = e^{\varepsilon\Theta + \varepsilon^2\Phi}, \quad X^2 = e^{\varepsilon^2\Theta + \varepsilon\Phi}, \quad X^3 = e^{\Theta + \Phi} \quad (R = 1,\ \varepsilon^3 = 1),$$

$$(6) \quad \Psi_2 = 2\,d\Theta\,d\Phi = -\,d\psi^2, \quad \Psi_3 = d\Theta^3 + d\Phi^3 = dS^3.$$

La forme angulaire $d\psi^2$ *est à courbure nulle*, donc l'élément angulaire de Landsberg représenté par un élément linéaire euclidien; d'où la notion d'angle fini de deux directions Θ, Φ et Θ', Φ'. L'indicatrice (S) est une surface de Tzitzéica, *sphère affine*, et encore *surface de coïncidence* de la géométrie projective différentielle; les géodésiques de $d\psi^2$ sont les perspectives de ∞^2 courbes W de Klein et Lie du plan à l'infini. Enfin ds^3 est réduit sur (S) à $dS^3 = \Psi_3$, ici forme cubique fondamentale apolaire à Ψ_2.

4. Pour l'espace R_n défini par

$$(7) \quad ds^N = \overline{R(p^i)}^N = (p^1)^a (p^2)^b \ldots (p^n)^k \quad (a + b + \ldots + k = N),$$

et rattaché (pour $a, b, \ldots, k$ entiers positifs) à l'équation aux dérivées partielles

$$(8) \quad \Delta_{ab\ldots k} U = \frac{\partial^a}{(\partial x^1)^a} \frac{\partial^b}{(\partial x^2)^b} \cdots \frac{\partial^k}{(\partial x^n)^k} U = 0,$$

on obtient

$$(9) \quad \Psi_2 = \frac{1}{N} \mathbf{S}\, a \left(\frac{dX^1}{X^1}\right)^2, \quad \Psi_3 = \frac{1}{N} \mathbf{S}\, a \left(\frac{dX^1}{X^1}\right)^3, \quad \left(\mathbf{S}\, a \frac{dX^1}{X^1} \equiv 0\right).$$

Le tenseur de courbure de $d\psi^2$ *est nul.* Pour $n = 3$, (S) est encore une surface de coïncidence, projectivement applicable sur la précédente, mais pour $a \neq b \neq c$, Ψ_3 n'est plus apolaire à Ψ_2.

II. Parmi les équations de la forme (8) se trouvent celles étudiées par M. N. Botéa (²). Nous ferons ici, en reprenant les notations de cet auteur, quelques remarques complétant celles déjà faites ailleurs (³).

(¹) J. Devisme, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 1154, et **195**, 1932, p. 1059.

(²) N. Botéa, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 35.

(³) J. Devisme, *Bull. de la Soc. roy. des Sc. de Liège*, **1**, xii, 1932, p. 242.

1° Il y a $n!$ systèmes tels que (I) et (II), ainsi que l'a montré M. Ghermanesco.

2° La formation des systèmes tels que (IV) revient à écrire en variables u_i que les dérivées partielles d'ordre l sont toutes nulles; on peut rattacher encore à ceci la considération des opérateurs relatifs aux polynomes $\partial^l p/(\partial x_1^i \partial x_2^j \ldots \partial x_n^r)$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les décompositions des fonctions uniformes.* Note de M. **N. Aronszajn**, présentée par M. Émile Borel.

J'ai énoncé le théorème suivant (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 155) :

Théorème A. — *Soit $f(z)$ une fonction holomorphe et uniforme en dehors de son ensemble de singularités* F. *Il existe, pour chaque décomposition de* F *en deux ensembles fermés* $F = F_1 + F_2$, *une décomposition de la fonction* $f(z) = f_1(z) + f_2(z)$, *chacune des fonctions* $f_1(z)$ *et* $f_2(z)$ *étant holomorphe et uniforme en dehors de* F_1 *resp.* F_2.

Pour toute autre décomposition $f(z) = \varphi_1(z) + \varphi_2(z)$ correspondant à la même condition, les différences $f_1(z) - \varphi_1(z)$ et $f_2(z) - \varphi_2(z)$ n'ont de singularités que dans l'ensemble commun de F_1 et F_2.

Le but de la présente Note est de donner quelques applications de ce théorème. Les démonstrations correspondantes seront données dans un Mémoire qui paraîtra prochainement dans un autre Recueil.

1. *Développements en séries.* — La fonction $f_1(z)$ du théorème A détermine parfaitement les singularités de $f(z)$ dans l'ensemble $F_1 - F_2$. C'est donc une généralisation de la partie principale pour les singularités isolées. En général, pour chaque ensemble H relativement ouvert dans F (¹), on définira comme partie principale de $f(z)$ dans H la fonction $f_1(z)$ du théorème A correspondant à la décomposition $F_1 = \overline{H}$ (²), $F_2 = F - H$.

Deux parties principales pour le même ensemble H ne diffèrent que par une fonction dont toutes les singularités sont dans l'ensemble $(\overline{H} - H)$ — la frontière rel. à F de H [donc pour P isolé dans F (³) la partie principale est déterminée à une constante près].

(¹) C'est-à-dire que H est un sous-ensemble de F qui ne contient aucun point limite de son complément dans F.

(²) $\overline{H}$ désigne la fermeture de H.

(³) C'est-à-dire, d'après M. Fréchet, fermé et ouvert relativement à F.

Si l'on a une suite finie ou dénombrable d'ensembles : $H_1, H_2, \ldots$, ouverts relativement à F et disjoints deux à deux, tels que $F = \overline{H_1 + H_2 + \ldots}$, on peut présenter la fonction $f(z)$ sous la forme d'une série

$$f(z) = f_0(z) + \Sigma f_k(z), \tag{1}$$

où $f_k(z)$ est une partie principale de $f(z)$ pour H_k et $f_0(z)$ n'a de singularités qu'aux points de l'ensemble limite $\mathcal{L}$ des ensembles H_k [1]. Dans certains cas, assez étendus, on peut prendre $f_0(z) = 0$.

La série (1) est uniformément et absolument convergente à l'extérieur de F, et même dans chaque domaine fermé extérieur à $\mathcal{L}$ si l'on soustrait les termes (en nombre fini) de la série qui n'y sont pas holomorphes.

Si inversement on choisit d'une manière arbitraire les parties principales $\varphi_n(z)$ correspondant aux ensembles H_n, la fonction $f(z)$ pourra être construite à l'aide d'une série (1), où l'on posera $f_n(z) = \varphi_n(z) + \psi_n(z)$, $\psi_n(z)$ désignant des termes correctifs assurant la convergence de (1) et dont les singularités peuvent être choisies dans $\mathcal{L}$ et dans $(\overline{H_n} - H)$.

Les développements que nous venons de définir généralisent les décompositions classiques de Mittag-Leffler.

2. *Décompositions en produits.* — Elles s'obtiennent en principe en appliquant les décompositions précédentes à $\log f(z)$. Il faudra seulement en même temps que F décompose l'ensemble Z des zéros de $f(z)$. Encore faudra-t-il introduire des coupures pour rendre $\log f(z)$ uniforme. La décomposition de $\log f(z)$ une fois trouvée, on prendra les exponentielles de chacun de ses termes, ce qui donnera les facteurs de la décomposition de $f(z)$ en produit. Ces facteurs peuvent être appelés les facteurs principaux de $f(z)$ pour les ensembles H_n et Z_n correspondants.

Pour les produits on obtiendra des résultats analogues à ceux énoncés pour la somme. Ces résultats généralisent les décompositions classiques de Weierstrass (pour les fonctions entières) et de M. E. Picard (pour les fonctions holomorphes dans un domaine), etc.

Nous donnerons encore d'autres applications du théorème A, notamment aux fonctions multiformes, fonctions entières et fonctions harmoniques.

---

(1) L'ensemble limite L est formé par les points limites des suites $\{x_n\}$, où x_n appartient à H_n.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la série de Laguerre.*
Note (¹) de M. **E. Kogbetliantz**, présentée par M. E. Borel.

I. Dans une Note antérieure (²) nous avons étudié les développements en série de Laguerre

$$(L) \qquad f(x) \sim \sum_0^\infty \frac{\Gamma(n+1)\,L_n^{(\alpha)}(x)}{\Gamma(n+1+\alpha)} \int_0^\infty e^{-u} u^\alpha L_n^{(\alpha)}(u) f(u)\, du$$

des fonctions $f(x)$ vérifiant pour $x \to \infty$ la condition $f(x) = O(e^{x/2} x^\beta)$. On y a vu que ces développements généralement divergents sont sommables (C, δ) à l'intérieur de l'intervalle $(0, \infty)$ pourvu que l'on prenne $\delta > \beta + \alpha/2 + 1/4$. Mais, si l'on a la série (L) de $f(x)$ telle que

$$e^{-qx} f(x) = o(1)$$

pour $x \to \infty$ seulement pour $2q > 1$, cette série n'est *nulle part* sommable (C, δ) quelque grand que soit δ, tout en existant si $q < 1$. Pour sommer de telles séries (L) il faut employer un procédé de sommation plus puissant que (C, δ). Le procédé (E, k) d'Euler s'est révélé très utile pour la sommation des séries d'Hermite (³) et il s'applique avec succès aux séries (L). Nous avons prouvé les trois théorèmes suivants :

Théorème I. — *Soit $f(x)$ intégrable $(\mathfrak{L})$ dans tout intervalle fini* (ε, A), $\varepsilon > 0$; *si $f(x) = O(e^{qx})$ pour $x \to \infty$, où $q < 1$, sa série* (L) *en un point intérieur $x_0 (x_0 > 0)$ est sommable* (E, k) *d'ordre k suffisamment élevé pour avoir $2^{k+1} > (1-q)^{-1}$, pourvu que le produit $x^{\alpha/2-1/4}|f(x)|$ soit intégrable dans l'intervalle* $(0, \varepsilon)$ *et qu'au voisinage immédiat $|x - x_0| \leqq \eta$ du point x_0, $f(x)$ vérifie les conditions usuelles de convergence de* (L) *relatives à son allure autour de $x = x_0$.*

Le procédé (E, k) est inefficace au point de vue de l'allure de $f(x)$ autour de $x = x_0$ et au point frontière $x = 0$. En le combinant avec le procédé (C, δ), on obtient le

Théorème II. — *Soit $f(x)$, intégrable $(\mathfrak{L})$ dans* (ε, A). *Si $f(x)$ est $O(e^{qx})$ pour $x \to \infty$ et $q < 1$, sa série* (L) *en un point $x = x_0$ est sommable* $(C, \delta)(E, k)$

(¹) Séance du 13 février 1933.

(²) E. Kogbetliantz, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 387.

(³) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1422.

pour $2^{k+1} > (1-q)^{-1}$ *pourvu que* δ *soit assez grand pour assurer l'existence de l'intégrale de* $x^{\frac{\alpha+\delta}{2}-1/4}|f(x)|$ *dans l'intervalle* $(0, \varepsilon)$.

Considérons enfin la série (L) au point $x=0$, en supposant l'existence du nombre $f(+0)$ comme on a supposé dans les théorèmes I et II l'existence des nombres $f(x_0 \pm 0)$. Nous avons prouvé [1] que l'intégrabilité à l'infini du produit $e^{-x/2}x^{-1}.|f(x)|$ assure la sommabilité de (L) pour $x=0$ avec la somme $f(+0)$ par le procédé (C, δ) pourvu que l'on ait $\delta > \alpha + 1/2$. Cette condition est vérifiée par exemple si l'on a $f(x) = O(x^{-2}e^{x/2})$, $x \to \infty$, quelque petit que soit $\eta > 0$. Pour le procédé mixte $(C, \delta)(E, k)$, on a le

Théorème III. — *Si* $f(x)$, *intégrable dans tout intervalle fini* (O, A), *est* $O(e^{qx})$ *pour* $x \to \infty$, *où* $q < 1$, *sa série* (L) *au point* $x=0$ *est sommable* $(C, \delta)(E, k)$ *pour* $\delta > \alpha + 1/2$ *et* $2^{k+1} > (1-q)^{-1}$, *sa somme étant* $f(+0)$.

II. *Phénomène de Gibbs.* — Pour (L) ce phénomène est le même que pour les séries d'Hermite [2], à ceci près que la distance du maximum maximorum de la somme partielle $f_n(x)$ de (L) au point de discontinuité x_0 de $f(x)$ dépend non seulement de n, mais encore de x_0. Pour $\varphi(x) = \text{signum}(x - x_0)$, dont le développement (L) est :

$$(1)\qquad \text{Signum}(x-x_0) = \frac{2}{\Gamma(\alpha+1)}\int_{x_0}^{\infty} e^{-u}u^{\alpha}\,du - 1 - 2e^{-x_0}x_0^{\alpha+1}\sum_{1}^{\infty}\frac{\Gamma(n)L_{n-1}^{(\alpha+1)}(x_0)}{\Gamma(n+1+\alpha)}L_n^{(\alpha)}(x),$$

nous avons trouvé

$$\lim_{n=\infty}\varphi_n\left(x_0 + \frac{\pi\sqrt{x_0}}{\sqrt{n}}\right) = \frac{2}{\pi}\int_0^{\pi}\sin u\,\frac{du}{u} > 1.$$

et pour leurs moyennes arithmétiques

$$\lim_{n=\infty}\varphi_n^{(\delta)}\left(x_0 + \frac{2+\delta}{2}\pi\sqrt{\frac{x_0}{n}}\right) = 1 + \frac{2^{\delta+1}\Gamma(\delta+1)}{\pi}\int_0^{\infty}\frac{\sin u\,du}{\left[u+\pi\left(1+\frac{\delta}{2}\right)\right]^{\delta+1}}.$$

Le segment de Gibbs ne disparaît jamais quelque grand que soit δ, quoiqu'il diminue très rapidement quand δ croît. Ce caractère du phénomène de Gibbs dans le système orthogonal de Laguerre s'explique par le fait que les moyennes de la série-noyau de (L) changent leur signe un nombre infini de fois quand x et u étant fixes $n \to \infty$ et cela quelque grand que soit

(1) *Loc. cit.*

(2) E. Kogbetliantz, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1698.

leur ordre δ, tandis que dans d'autres systèmes orthogonaux, sauf celui d'Hermite, les moyennes des séries-noyaux deviennent non négatives quel que soit n à partir d'une valeur suffisamment grande de δ, cette valeur critique de δ variant d'un système à l'autre.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Quelques résultats obtenus avec une soufflerie supersonique.* Note de M. L. **Santon**, présentée par M. Henri Villat.

Pour établir le projet d'une soufflerie supersonique, c'est-à-dire où la vitesse v du courant d'air soit supérieure à la célérité a du son, j'ai préalablement réalisé un modèle à échelle relativement réduite (diamètre de la veine à la gorge 40^{mm}), sur lequel j'ai pu me livrer à quelques observations relatives aux phénomènes à grande vitesse.

La soufflerie est constituée par une tuyère convergente divergente placée à l'ouïe d'un aspirateur centrifuge. Pour une valeur suffisante de la vitesse de rotation de ce dernier, les vitesses supersoniques se développent après le col de la tuyère; comme le fait prévoir la théorie classique, la vitesse en un point du divergent, dès l'instant qu'elle est supersonique, a une valeur bien constante et indépendante des variations de régime de l'aspirateur.

La détermination de la vitesse en chaque point a été faite par la mesure de la pression statique. La prise de pression utilisée est constituée par un tube de 1^{mm} placé parallèlement à l'axe et portant, régulièrement répartis à 5^{mm} de son extrémité amont, 4 trous de $0^{mm},2$.

1° J'ai d'abord observé que l'indication d'une telle prise est pratiquement indépendante de son inclinaison par rapport au vent dans un large intervalle angulaire dépassant 30°. Je n'ai pu aller plus loin, l'amont du pitot venant alors au contact de la paroi. La pression a d'autre part été trouvée constante, avec une précision supérieure à 1 pour 100, suivant un diamètre de la veine, jusqu'à une très faible distance de la paroi.

La répartition de la pression suivant l'axe de la veine s'étant trouvée conforme à celle calculée dans l'hypothèse d'une détente adiabatique, j'ai admis que la vitesse pouvait s'obtenir à partir de la pression par la formule de Saint-Venant.

2° J'ai ensuite effectué avec cette soufflerie des essais d'anémométrie à fil chaud. Maintenant le fil chaud a une température constante (de l'ordre de 600° pour un fil de platine de $0^{mm},05$, de l'ordre de 400° pour des fils de nickel de $0^{mm},06$ et $0^{mm},10$) par réglage du courant de chauffage, j'ai pu,

par mesure de ce courant, évaluer la puissance que perd le fil par convection forcée. J'ai constaté une inversion de cette puissance : lorsque la vitesse du vent augmente la puissance dissipée augmente, passe par un maximun (atteint pour une valeur du coefficient de vitesse voisin de 0,8), puis diminue. Ce résultat est d'autant plus notable que la température du courant d'air diminue régulièrement à mesure que le coefficient de vitesse augmente.

Voici par exemple un tableau donnant la vitesse v du vent en mètres par seconde, le rapport v/a^* de la vitesse du vent à la célérité du son à la gorge de la tuyère, le rapport ρ/ρ_0 de la masse spécifique de l'air animé de la vitesse v à la masse spécifique de l'air au repos, la quantité $\sqrt{\rho . v/\rho_0 . a^*}$, et enfin, le rapport W/W_m de la puissance consommée dans le fil à la puissance maximum, ceci afin de pouvoir comparer les observations faites avec différents fils.

v.	$\frac{v}{a^*}$.	$\frac{\rho}{\rho_0}$.	$\sqrt{\frac{\rho . v}{\rho_0 . a^*}}$.	$\frac{W}{W_m}$.
0	0	1	0	0,081
94	0,31	0,96	0,55	0,82
118	0,38	0,92	0,58	0,89
149	0,48	0,90	0,66	0,96
198	0,64	0,83	0,73	0,99
248	0,80	0,75	0,77	1
328	1,06	0,59	0,79	0,97
375	1,21	0,49	0,77	0,93
403	1,30	0,44	0,76	0,90

Dans la soufflerie présente, pour des coefficients de vitesse compris entre 0,7 et 1,3 le terme $\sqrt{\rho . v}$ ne diffère pas de plus de 2 pour 100 de la valeur $0,77\sqrt{\rho_0 . a^*}$; or, c'est précisément pour ces vitesses que la puissance dissipée diminue. Donc la formule valable pour les vitesses courantes et indiquant une dissipation de puissance variant à peu près comme $\sqrt{\rho . v}$ doit être corrigée aux grandes vitesses par l'addition d'un terme négatif, représentant la puissance dégagée par frottement. Ce terme, qui doit vraisemblablement comprendre une puissance de v au moins égale à 2, prend en raison de la constance de $\sqrt{\rho . v}$ toute son importance avec la soufflerie utilisée.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur le mouvement d'un liquide visqueux emplissant l'espace.* Note de M. **J. Leray**, présentée par M. Henri Villat.

1. Le mouvement est supposé régi par les équations de Navier :

$$(1)\qquad \Delta u_i - \frac{\partial u_i}{\partial t} - \frac{\partial q}{\partial x_i} = \mathop{S}_{k=1}^{3} u_k\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_k} - \frac{\partial u_k}{\partial x_i}\right); \qquad \mathop{S}_{k} \frac{\partial u_k}{\partial x_k} = 0.$$

Le champ des vitesses à l'instant initial, $u_i(x, 0)$, est donné. Soit : $\mathcal{V}(t)$ la plus grande longueur de la vitesse à l'instant t,

$$\mathcal{J}^2(t) = \mathop{S}_{i,k} \int\!\!\int\!\!\int \left[\frac{\partial u_i(x,t)}{\partial x_k}\right]^2 dx_1\,dx_2\,dx_3, \qquad \mathcal{W}(t) = \mathop{S}_{i} \int\!\!\int\!\!\int [u_i(x,t)]^2 dx_1\,dx_2\,dx_3.$$

Nous étudions [1] les solutions de (1) en utilisant le tenseur fondamental de M. Oseen (*Acta mathematica*, 34, 1911), la Méthode des approximations successives, la relation équivalente à la relation de dissipation de l'énergie :

$$(2)\qquad \frac{d\mathcal{W}(t)}{dt} = -2\mathcal{J}^2(t),$$

et les notions de forte et faible convergence en moyenne (F. Riesz, *Mathematische Annalen*, 69, 1910).

2. Nous nommons *solutions régulières pour* $t_1 < t < t_2$ les fonctions $u_i(x, t)$ qui satisfont pour ces valeurs de t les équations (1), et pour lesquelles $\mathcal{W}(t)$, $\mathcal{J}(t)$ et $\mathcal{V}(t)$ sont continues; *solutions régulières pour* $t_1 \leq t < t_2$, les solutions régulières pour $t_1 < t < t_2$ telles que $u_i(x, t)$, $\mathcal{W}(t)$, $\mathcal{J}(t)$ et $\mathcal{V}(t)$ sont continus pour $t = t_1$; *solutions semi-régulières pour* $t_1 \leq t < t_2$ les solutions régulières pour $t_1 < t < t_2$ telles que $\mathcal{J}(t)$ reste borné et que $u_i(x, t)$ converge fortement en moyenne vers une limite quand t tend vers t_1. Si $\mathcal{W}(0)$, $\mathcal{J}(0)$ [et $\mathcal{V}(0)$] sont finis [2] il existe une solution semi-régulière [régulière] unique, $u_i(x, t)$ qui corresponde aux données; soit $0 < t < T$ son plus grand intervalle de régularité. Je ne sais si T est nécessairement

---

[1] Nous avons appliqué précédemment à divers problèmes des procédés analogues (voir *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1180; 194, 1932, p. 1892; *Thèse*, *Journ. de Math.*, 12, 1933, p. 1). Dans le cas d'un liquide visqueux à deux dimensions, emplissant une courbe convexe fixe, nous avions obtenu des résultats en tout point semblables à ceux que nous énonçons ici.

[2] Le cas où $\mathcal{V}(0)$ n'est pas fini s'étudie à partir de celui où $\mathcal{V}(0)$ est fini.

infini. Supposons T infini : ni $\mathcal{V}(t)$, ni $\mathcal{J}(t)$ ne restent bornés quand t tend vers T;

(3) $$\mathcal{J}(t) > A_0(T-t)^{-\frac{1}{4}} \qquad (A_i, \text{ constantes numériques});$$

(2) et (3) donnent

(4) $$16 A_0^4 T < \mathcal{W}^2(0).$$

Faisons dans (3) $t=0$, comparons à (4), nous constatons que *si*

$$\mathcal{W}(0)\mathcal{J}^2(0) \leqq 4A_0^4,$$

le mouvement ne peut pas devenir irrégulier ($T=+\infty$).

D'autre part nous avons, quand $T=+\infty$,

(5) $$\mathcal{J}(t) < A_1\sqrt{\mathcal{W}(0)}\,t^{-\frac{1}{2}} \qquad \text{et} \qquad \mathcal{V}(t) < A_2\sqrt{\mathcal{W}(0)}\,t^{-\frac{3}{4}}$$

pour $t > A_3\mathcal{W}^2(0)$.

3. Définissons comme suit *une solution turbulente* $U_i(x, t)$, $U_{i,k}(x, t)$; on a, pour toutes les fonctions $a(x, t)$ et pour tous les vecteurs $a_i(x, t)$ de divergence nulle,

$$\underset{i}{\mathrm{S}}\iiint [U_i(x,t)a_i(x,t) - u_i(x,0)a_i(x,0)]\,dx_1\,dx_2\,dx_3$$
$$= \int_0^t dt' \iiint \left\{ \underset{i}{\mathrm{S}} U_i\left[\Delta a_i + \frac{\partial a_i}{\partial t'}\right] - \underset{i,k}{\mathrm{S}} a_i U_k [U_{i,k} - U_{k,i}] \right\} dx_1\,dx_2\,dx_3;$$

$$\mathrm{S}\iiint U_i^2(x,t)\,dx_1\,dx_2\,dx_3 - \mathcal{W}(0) + 2\underset{i,k}{\mathrm{S}}\int_0^t dt' \iiint U_{i,k}^2(x,t')\,dx_1\,dx_2\,dx_3$$

est inférieur ou égal à une fonction jamais positive ni croissante; pour presque toutes les valeurs de t l'égalité est réalisée et l'on a

$$\iiint \left[U_i(x,t)\frac{\partial a(x,t)}{\partial x_k} + U_{i,k}(x,t)\,a(x,t)\right]\delta x = \quad \text{et} \quad \underset{i}{\mathrm{S}}\,U_{i,i}(x,t) = 0.$$

Les sommes étendues à l'espace, des carrés de a, a_i et de leurs dérivées, sont supposées fonctions continues de t; $\mathcal{W}(0)$ est supposé fini. Toute solution régulière est *a fortiori* solution turbulente.

Il existe [1] *au moins une solution turbulente définie pour* $t > 0$.

---

[1] Pour étudier les solutions turbulentes nous utilisons fréquemment les propriétés des solutions semi-régulières.

Soient $(\theta_\lambda, T_\lambda)$ les intervalles de temps au cours desquels une solution turbulente coïncide avec une solution régulière. Il en existe nécessairement. Leur complémentaire est de mesure nulle. L'un d'eux s'étend jusqu'à $+\infty$ et contient l'instant $1/16\, \mathcal{W}^2(0)\, A_0^{-4}$. Les inégalités (5) sont encore applicables. Les instants T_λ sont ceux où chacune des solutions régulières considérées devient irrégulière. Si $\mathcal{J}(0)$ est borné, l'un de ces intervalles est $(0, T)$. Enfin

$$\mathop{S}_{\lambda} (T_\lambda - \theta_\lambda)^{\frac{1}{2}} < \frac{1}{4} W(0) A_0^{-2}.$$

MÉCANIQUE QUANTIQUE. — *Superquantification et mécaniques dans des espaces abstraits*. Note de M. **Jean-Louis Destouches**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Nous avons indiqué (¹) quelques propriétés des fonctions d'ondes de l'espace (ψ) de Hilbert et de celles de l'espace (n). C'est cette étude que nous poursuivons ici.

1. Tout d'abord, il est préférable de demeurer dans l'espace (ψ), car la mécanique (n) soulève des difficultés : Θ n'est pas un vecteur de l'espace (n), la fonction hamiltonienne F n'est pas invariante dans un changement de coordonnées, le passage des θ_s aux opérateurs $h/2\pi i\, \partial/\partial n_s$ est insuffisamment justifié, ceux-ci ne peuvent pas opérer sur les $\Psi(\text{N}, t)$, enfin il n'y a pas d'approximation analogue à l'optique géométrique.

Au contraire, les principes de la mécanique ondulatoire se transposent aisément dans la mécanique (ψ) :

1° A chaque grandeur concernant l'ensemble des systèmes correspond un opérateur qui est son propre adjoint, en définissant convenablement l'opérateur adjoint. On a : $\mathbf{Y}_s = Y_s.$; $\mathbf{P}_s = h/2\pi i\, \partial/\partial Y_s$; $\mathbf{n}_s = Y_s\, \partial/\partial Y_s$.

2° Le principe de quantification revient à n'accepter comme fonction propre et comme fonction d'ondes que des fonctions entières de toutes les variables y_r, dont les coefficients du développement en série de Taylor sont soumis à une certaine condition de convergence.

3° Le principe de décomposition spectrale se transpose sans modification. Il permet d'étendre la théorie au cas où le nombre de systèmes de l'assemblée est laissé indéterminé.

(¹) J.-L. Destouches, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1374.

La $n^{\text{ième}}$ fonction propre de l'opérateur $\mathbf{n}_s$ est Y_s^n, n étant entier positif ou nul pour que la fonction soit uniforme et continue : ainsi s'introduit naturellement l'obligation de valeurs positives entières pour n_s. La fonction $\Phi(n)$ de Fock [1] qui caractérise la statistique s'introduit de suite comme constante de normalisation de la $n^{\text{ième}}$ fonction propre Y_s^n en posant par définition $\| Y_s^n/\Phi(n) \| = 1$. Le développement de Fock [1] de Ω en série n'est autre que le développement de la fonction d'onde Ω en série des fonctions propres ω_α de l'opérateur $\mathcal{R} = \Pi_s n_s$. On a

$$\Omega = \Sigma \Psi_\alpha \omega_\alpha.$$

Si, par définition, les $\omega_\alpha = \Pi_s Y_s^n/\Phi(n)$ sont normées, on a

$$\| \Omega \|^2 = \Sigma \Psi_\alpha^* \Psi_\alpha = 1,$$

ce qui conduit à considérer les Ω comme des éléments d'un espace de Hilbert.

Enfin, on voit que la superquantification est pleinement justifiée par l'identité de l'équation des ondes Ω avec l'équation de Jacobi correspondante.

2. D'autre part nous avons pu établir l'équivalence des deux méthodes : espace (n) et espace (ψ). Pour cela, nous pouvons passer des mécaniques ondulatoires (ψ) et (n) aux mécaniques ponctuelles de leurs fonctions d'ondes (Ω) et (Ψ_N) qui leur sont respectivement équivalentes en vertu de théorèmes analogues à celui de Dirac-Fock. Si nous prenons comme système de base dans (Ω) les ω_α et dans (Ψ_N) les fonctions propres de l'opérateur $\mathcal{R} = \pi_s \mathfrak{N}_s$ nous obtenons les mêmes équations canoniques entre les composantes Ψ_α : il y a applicabilité des mouvements des deux espaces (Ω) et (Ψ_N). On constate que $\Psi_\alpha = \Psi(N_\alpha, t)$, N_α étant le $\alpha^{\text{ième}}$ point de $\mathcal{E}_s$.

Pour comprendre pourquoi la mécanique ondulatoire (n) est valable, nous introduisons une « mécanique ondulatoire 2e type » : à des variables $x_r(t)$, $p_r(t)$ satisfaisant à des équations canoniques, nous associons une fonction $\Xi(r, t)$, égale à $x_r(t)$ pour r correspondant au r^{e} indice, nulle pour les autres valeurs de r, et nous définissons un opérateur de $\mathcal{H}$ tel que

$$\frac{2\pi i}{h} \mathcal{H} \Xi(r, t) = \frac{\partial F}{\partial p_r}, \tag{1}$$

---

[1] Fock, *Zeits. f. Phys.*, 49, 1928, p. 339.

dans le cas qui nous occupe il suffit de prendre

$$\frac{2\pi i}{h}\mathcal{H} = \Sigma K_{re}(l \,!\, r).$$

Si nous prenons comme x_α les Ψ_α du développement de Ω il y a correspondance biunivoque entre une valeur de l'indice α et un point N_α de $\mathcal{E}_s$; à l'opérateur $\mathcal{H}$ correspond alors un opérateur F : on constate que c'est l'hamiltonien de la mécanique (n). La mécanique (n) peut donc être considérée comme Mécanique ondulatoire de premier ou deuxième type.

Nous avons pu alors démontrer que la condition nécessaire et suffisante pour qu'un hamiltonien $\mathcal{H}$ d'une mécanique ondulatoire deuxième type provienne de la fonction hamiltonienne F, satisfaisant à (1), par une transformation de contact, est que F soit une forme bilinéaire de Y_r et P_s,

$$F = \sum_{rs} K_{rs} Y_r P_s.$$

Voilà qui nous explique pourquoi la mécanique ondulatoire (n) est correcte, ce qui tient essentiellement à la forme bilinéaire de l'hamiltonien de la mécanique (ψ).

Conclusions. — 1° Nous avons voulu préciser les raisons pour lesquelles la voie logique et sûre pour construire la superquantification est celle de la mécanique ondulatoire de l'espace (ψ). Ce n'est que par un hasard providentiel dû à la forme de l'hamiltonien que la mécanique ondulatoire (n) est correcte.

2° Pour le démontrer, nous avons cru devoir introduire un nouveau genre de mécaniques ondulatoires : celles du deuxième type qui s'associent d'une manière différente que les autres à un mouvement ponctuel, et dans lesquelles les fonctions d'ondes sont nulles, sauf sur un ensemble dénombrable de points. Leur emploi s'est montré très utile. Notons que la mécanique ondulatoire (n) est la seule qui soit à la fois de premier et deuxième types.

GÉODÉSIE. — *Contribution à la compensation du réseau gravimétrique européen.* Note (¹) de MM. **F. Holweck** et **P. Lejay**, présentée par M. Perrier.

Il semblait très intéressant de mesurer la période d'un pendule élastique sensible (n° 42) en un grand nombre d'Observatoires récemment rattachés à Potsdam; ceci pour plusieurs raisons : 1° On précisait ainsi l'étalonnage de l'instrument qui avait servi à l'établissement du réseau gravimétrique du nord de la France, étalonnage qui, provisoirement, n'avait été fait que sur la base Dunkerque, Paris, Lyon. 2° On rattachait Paris, base du réseau français, à la station fondamentale de Potsdam. 3° On établissait des bases précises sur le territoire français susceptibles de servir à l'étalonnage d'autres pendules élastiques. 4° On pouvait espérer augmenter la précision de l'ensemble des mesures par une compensation générale.

Étalonnage. — Dans la formule élémentaire du pendule élastique $g = g_0 - K/T^2$, K, qui représente la sensibilité, a été déterminé en utilisant les valeurs de g en deux stations récemment mesurées, situées aux extrémités de notre réseau, soit Uccle et Rome. On trouve ainsi

$$K = 225,0.$$

D'autre part, comme origine, nous avons admis pour g au Pavillon de Breteuil 980,941, soit 980,943 à l'Observatoire de Paris. On obtient alors

$$g_0 = 986,5260.$$

Dans ce qui suit, nous allons donner la valeur des résidus Δ entre les valeurs g_1 que nous avons trouvées en diverses stations et les valeurs g_2, g_3, ..., précédemment indiquées par d'autres observateurs.

Stations. — Dunkerque : Église Saint-Éloi, alt. $= 6^m$; $T_c = 6,4808$; $g_1 = 981,1690$. Defforges a trouvé, en 1889, à Rosendaël 981,170, soit $g_2 = 981,168$ à l'église Saint-Éloi. $\Delta = +1,0$.

Uccle : Observatoire Royal, cave voisine de la cave de gravité, alt. $= 102^m$; $T_c = 6,4589$; $g_1 = 981,1326$. g_2 (Vening Meinesz, 1925) $= 981,131$ (rattaché à Potsdam par l'intermédiaire de De Biet). $\Delta = +1,6$.

Paris : Pavillon de Breteuil, salle II, pilier de la balance, alt. $= 70^m$; $T_c = 6,3471$; $g = 980,941$; origine. Nous avons choisi cette origine pour des raisons de stabilité du

(¹) Séance du 13 février 1933.

sol. La valeur de g à l'Observatoire de Paris est plus élevée de 2 mgals, soit 980,943, ce qui est le nombre provisoirement admis, par la Commission de la Pesanteur, comme origine du réseau gravimétrique français.

Paris : Institut du Radium, pilier de la Salle des rayons X, alt. $=56^m$; $T_c=6,3477$; $g=980,9420$; origine secondaire du réseau du Nord.

Meudon : Observatoire, pilier d'une cabane de la terrasse, alt. $=163^m$; $T_c=6,3324$; $g=980,9149$. Hanski a trouvé 980,919 à une altitude inférieure de 10^m, soit $g_2=980,917$. $\Delta=-2,1$.

Strasbourg : Observatoire, console base instrument des passages, alt. $=137^m$; $T_c=9,3239$; $g=980,8999$. Cette mesure est moins précise que les précédentes, par suite de microséismes violents (10^μ) le jour de l'observation. Strasbourg a été rattaché à Potsdam et à Vienne par v. Sterneck en 1893, par Haid en 1900 et par Niethammer en 1900-1902. Si nous prenons la moyenne de ces cinq déterminations, qui sont très concordantes, nous trouvons $g=981,900$, en excellent accord avec notre mesure. $\Delta=-0,1$

Bâle : Station de gravité Benningen-Bâle, base du pilier du gros séismographe, alt. $=310^m$; $T_c=6,2492$; $g=980,7646$. g, dans le même lieu, mais à une altitude $314^m,4$, a pour valeur 980,764 (Niethammer, rattaché à Potsdam), d'où $g_2=890,765$. $\Delta=+0,6$.

Besançon : Observatoire, alt. $=315^m$; $T_c=6,2423$; $g=980,7518$. Goudey se servant d'un pendule élastique (mod. n° 2) a déterminé la valeur de g à Besançon en prenant pour bases, soit Dunkerque, Breteuil, Lausanne, soit Bordeaux, Bayonne et a trouvé en un lieu situé à une altitude de 310^m : $g=980,752$, soit $\Delta=+0,8$.

Lyon : Observatoire, Saint-Genis-Laval, pilier, ancien petit pavillon méridien, alt. $=296^m$; $T_c=6,1706$; $g=980,6168$. g (Defforges, 1885) $=980,629$ à l'altitude 286^m, soit $g_2=980,627$. $\Delta=-10,2$.

Lausanne : École de Chimie de l'Université, salle du sous-sol, alt. $=531^m$; $T_c=6,1581$; $g_1=980,5928$. Valeur adoptée par Niethammer au même lieu : $g_2=980,589$. $\Delta=+3,8$.

Florence : Institut géographique militaire, salle des mesures de gravité, sous-sol, alt. $=48^m$; $T_c=6,1123$; $g=980,5036$; $g_1=980,506$ (*Travaux station géodésie*, 7, Stockholm, 1930, rapport italien, p. 19). $\Delta=-2,4$. $g_3=980,501$ (*Résultati delle operazioni di est, geod. et di grav. Inst. géo. mil.*. 1930. p. 61). $\Delta=+2,6$.

Florence-Arcetri : Observatoire royal Astrophysique, salle de la grande méridienne, alt. $=184^m$; $T_c=6,1044$; $g_1=980,4880$; $g_2=980,489$ (*Trav. Stat. géod.*, 7, Stockholm, 1930, p. 1). $\Delta=-1,0$.

Rome : École des Ingénieurs, caves des mesures de gravité, alt. $=49^m$; $T_c=6,0450$; $g_1=980,3684$; $g_2=980,367$ (Reina et Cassinis, 1912). $\Delta=+1,4$.

Conclusions. — 1° La formule élémentaire du pendule élastique est valable sur une base de 1000 mgals, à moins de 1 mgal près. — 2° Le coefficient K mesuré comme nous venons de l'indiquer coïncide, à 1/100e près, avec celui déterminé au moyen d'un calcul élémentaire utilisant la période du pendule retourné. Cette méthode permet de faire, autour d'une

seule station de base, un réseau de 250^{km} de diamètre exact à 1 mgal près. — 3° A part trois stations anciennes de Defforges, faites avant la transmission de l'heure par T. S. F., et qui sont grandement erronées (Lyon — 10,2 mgals, Marseille + 14,3 mgals, Nice — 26,1 mgals), les dix autres stations récentes belges, suisses, italiennes et françaises du réseau de compensation sont remarquablement concordantes, l'erreur moyenne n'étant que de 1,5 mgal. — 4° La valeur de la gravité à l'Observatoire de Paris est $980,943 \pm 0,4$ mgal, cette station étant reliée à Potsdam par l'intermédiaire des stations fondamentales belges, suisses et italiennes. — 5° La valeur de g à Besançon, base secondaire du réseau de Franche-Comté, déduite de nos mesures, coïncide remarquablement ($\Delta = 1,2$ mgal) avec la valeur précédemment trouvée par M. Goudey, indépendamment avec un autre pendule.

RELATIVITÉ. — *Sur les ds^2 binaires et le problème d'Einstein.* Note de M. **J. Delsarte**, présentée par M. Henri Villat.

Toutes les solutions actuellement connues du problème de la relativité générale conduisent à des ds^2 de la forme suivante :

$$\varphi^2\, ds^2 + f^2\, d\sigma^2;$$

ds^2 désignant un ds^2 à p variables u, $d\sigma^2$ désignant un ds^2 à q variables υ, f étant une fonction des u seuls, φ une fonction des υ seuls; enfin $p+q$ étant égal à 4. Nous donnerons à de tels ds^2 le nom de ds^2 binaires. Il nous a semblé utile d'examiner si toutes les solutions de ce type avaient bien été obtenues ; on verra qu'il n'en est rien et qu'un cas important avait été laissé de côté. Nous nous bornerons dans ce qui suit au problème intérieur dans le cas schématique, ou dans le cas du fluide parfait. Voici les résultats :

A. Aucune des fonctions f et φ ne se réduit à une constante. *Il n'y a pas de solutions pour $p+q=4$.*

B. Une des fonctions f et φ se réduit à une constante, par exemple $f=1$; deux cas sont alors possibles :

1° L'évolution de la matière se fait dans le sens du ds^2 (locution dont on apercevra aisément le sens).

a. $p=1$, $q=3$, il n'y a pas d'autres solutions, dans le cas schématisé, que l'univers minkowskien, la densité de matière étant nulle; le cas isobare, qui équivaut à l'introduction d'une constante cosmique, donne comme

seule solution l'univers courbe d'Einstein; le cas d'une équation d'état quelconque ne peut donner que des ds^2 dépendant de constantes arbitraires.

b. $p=2$, $q=2$, il n'y a aucune solution.

c. $p=3$, $q=1$, φ est alors nécessairement constant, le ds^2 de l'univers est réductible, la densité et la pression sont constantes, quelle que soit d'ailleurs l'équation d'état, le ds^2 à trois dimensions est celui d'un espace de Riemann symétrique très particulier, admettant un groupe de déplacements rigides dont les trajectoires sont les lignes d'univers.

2° L'évolution de la matière se fait dans le sens du $d\sigma^2$.

a. $p=1$, $q=3$, c'est le cas des ds^2 non statiques à symétrie axiale, problème difficile, dont nous n'avons pu obtenir que quelques solutions particulières.

b. $p=3$, $q=1$, on retrouve les ds^2 de Friedmann et Lemaitre, qui ne dépendent que de constantes arbitraires, il n'y a pas d'autres solutions.

c. $p=2$, $q=2$, c'est ici que nous avons obtenu des résultats nouveaux. Les ds^2 correspondants dépendent essentiellement de deux fonctions arbitraires d'une variable, on peut les obtenir explicitement dans deux cas :

α. Le cas schématique, pour lequel on a

$$dS^2 = d\mu^2 + \frac{1}{k^2 G^2 \varphi^4} d\nu^2 + \varphi^2 ds^2;$$

ds^2 est un ds^2 à deux variables à courbure totale constante A. G est la densité, égale à

$$G = \frac{-F'(\nu)}{k\varphi^2 \dfrac{\partial\varphi}{\partial\nu}};$$

et l'on a la condition subsidiaire

$$\left(\frac{\partial\varphi}{\partial\mu}\right)^2 = \frac{F(\nu)}{\varphi} - [F'(\nu)]^2 + A,$$

qui par une quadrature élémentaire, introduit une nouvelle fonction arbitraire de ν; les lignes d'Univers sont les lignes $\nu = \text{const.}$

β. Le cas du fluide parfait incompressible, pour lequel on a

$$dS^2 = \frac{k^2 G_0^2 \varphi^4}{[f'(\mu)]^2}\left(\frac{\partial\varphi}{\partial\mu}\right)^2 d\mu^2 + \frac{1}{\varphi^4} d\nu^2 + \varphi^2 ds^2;$$

ds^2 est un ds^2 à deux variables à courbure totale constante A. G et P sont

la densité et la pression, égales respectivement à

$$G = \frac{f'(\mu)}{k\varphi^2} \frac{1}{\frac{\partial\varphi}{\partial\mu}}, \qquad P = G - G_0;$$

on a, de plus, la condition subsidiaire

$$\frac{[f'(\mu)]^2}{k^2 G_0^2 \varphi^4} + \varphi^4 \left(\frac{\partial\varphi}{\partial\nu}\right)^2 = \frac{f(\mu)}{\varphi} + A - \frac{kG_0}{3}\varphi^2,$$

qui introduit, par une quadrature hyperelliptique, une nouvelle fonction arbitraire de μ; les lignes d'univers sont les lignes $\nu = \text{const.}$

Ces ds^2 présentent une généralité déjà assez grande; ils permettent, en particulier, de traiter complètement le problème de l'évolution de la matière, dans le cas de la symétrie sphérique, pour des conditions initiales quelconques (présentant naturellement cette symétrie); c'est, à notre connaissance, la première fois qu'on peut aborder ce genre de question.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Sur une nouvelle méthode de détermination des modules d'élasticité.* Note (¹) de MM. **Paul Le Rolland** et **Pierre Sorin**, présentée par M. Léon Guillet.

La détermination des modules d'élasticité — module d'Young et module de Coulomb — présente un grand intérêt pour l'identification des matériaux et, dans certains cas, elle est même essentielle : c'est ainsi que l'on s'accorde à reconnaître que le module d'Young des fontes est le criterium le plus sensible et le plus sûr de leur qualité.

Mais les modules ne caractérisent un échantillon donné de matière que sous certaines conditions : ils doivent être obtenus à l'aide de déformations parfaitement élastiques, donc très faibles; ces déformations doivent être alternées de façon à produire l'accommodation élastique; enfin les petits cycles décrits doivent avoir une loi de parcours parfaitement définie en fonction du temps, pour que soient éliminés les effets de la réactivité.

La méthode que nous proposons satisfait à ces conditions.

Elle dérive immédiatement d'un principe général exposé déjà par l'un de nous (²) pour la détermination de la rigidité d'une construction quelconque

---

(¹) Séance du 13 février 1933.

(²) P. Le Rolland, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 336.

et qui consiste essentiellement à transmettre l'énergie d'un premier système oscillant à un deuxième système identique, par l'intermédiaire de la construction à étudier. Entre les deux systèmes oscillants se produit un échange périodique d'énergie qui caractérise le phénomène classique des *battements*.

On conçoit que si l'énergie est transmise par une tige cylindrique homogène, l'observation de la durée des battements permettra d'atteindre le module d'élasticité, qui conditionne essentiellement l'amplitude des déformations élastiqnes de la tige.

Les modalités d'application de la méthode sont nombreuses; nous allons préciser l'une d'elles :

La substance dont on se propose de déterminer le module d'Young est utilisée sous la forme d'une longue éprouvette prismatique droite, de section rectangulaire. Nous encastrons solidement cette éprouvette par sa partie inférieure de façon qu'elle soit bien verticale et nous fixons à son extrémité supérieure un plateau horizontal très rigide sur lequel nous faisons reposer, par leurs couteaux, deux pendules de gravité identiques. Puis, l'un de ces pendules étant au repos, nous lançons l'autre et nous observons des battements de durée τ (intervalle entre deux arrêts d'un même pendule).

Pour obtenir une grande stabilité dans la durée d'oscillation des pendules (facteur qui agit beaucoup sur la valeur de τ), il y a un grand avantage à utiliser des pendules cylindriques, pour lesquels le rayon de gyration est égal à la distance du centre de gravité au couteau.

Avec de tels pendules de masse M et de durée d'oscillation T, et pour une éprouvette d'épaisseur e (dans la direction de la flexion) et de largeur a, nous avons

$$E = \frac{8\pi^2 M (L^3 - l^3)}{a e^3 T^2} \tau,$$

L étant la distance de l'encastrement inférieur de l'éprouvette au plan des couteaux et l la distance de l'encastrement supérieur au même plan.

Les modules déterminés par cette expression sont en accord très satisfaisant avec ceux que l'on obtient en utilisant l'extensomètre à miroirs Martens dans un essai de traction : les écarts ne sont que de 1 à 2 pour 100.

Avec les fontes, pour lesquelles la mesure à l'extensomètre est impossible à cause de la courbure très accentuée de la courbe de traction dès l'origine, les nombres obtenus vont de 6000 kg/mm² à 16000 kg/mm².

Pour l'essai d'éprouvettes très rigides, on peut utiliser des pendules à lame élastique à oscillations horizontales ou verticales, qui exercent sur l'éprouvette, non seulement une force comme les pendules de gravité mais

aussi un couple, force et couple étant tous deux proportionnels à l'amplitude et facilement calculables.

Il nous a paru intéressant, dans le cas des fontes, de faire des mesures sur des éprouvettes dont les dimensions ont été fixées par le Congrès international pour l'essai des matériaux de 1927 : 35^{mm} de longueur, section de 8^{mm} $\times$ 10^{mm}.

On obtient alors des valeurs manifestement trop faibles des modules. C'est que l'éprouvette a une longueur trop faible par rapport à ses dimensions transversales : la théorie de la résistance des matériaux ne s'applique plus.

Le module de Coulomb (d'une tige métallique, par exemple) s'obtient d'après le même principe, en utilisant deux pendules de torsion identiques : l'un suspendu directement à la tige — qui est encastrée à sa partie supérieure — l'autre suspendu suivant le même axe, à un cadre très rigide fixé à la partie inférieure de la tige.

On voit, en définitive, que la méthode proposée ne nécessite *aucune mesure d'effort*, ni *aucune mesure de déformation*. On mesure un temps que l'on peut obtenir avec toute la précision désirable, en observant un nombre suffisant de battements.

D'autre part, les déformations restent *très faibles* : Pour des pendules de 1^{kg}, une amplitude de 1/10e de radian et une éprouvette de 10^{cm} de longueur et de 1$^{cm^2}$ de section, la déformation relative de la fibre la plus fatiguée n'est que de l'ordre de 10^{-5} : Nous obtenons donc les modules au voisinage immédiat de l'origine de la courbe de traction.

Enfin l'éprouvette est soumise à des *efforts alternatifs* de flexion à loi *sinusoïdale* en fonction du temps.

Ce sont là précisément les conditions d'une définition correcte des modules.

ÉLECTROCHIMIE. — *Étude du coefficient de température de la chaîne : cuivre, sulfate de cuivre; sulfate mercureux, mercure.* Note de Mlle **M. Quintin**, présentée par M. Jean Perrin.

Ayant étudié [1] la pile sans transport à sulfate de cuivre :

$$- \text{Cu (amalg. 2 phases); } SO^4Cu,\ c \mid SO^4Hg^2 \text{(solide); Hg} +$$

en fonction de la concentration c du sulfate de cuivre, à 25°, j'ai poursuivi l'étude de cette chaîne à diverses températures comprises entre 0° et 46°,5

[1] *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 473.

afin d'en déterminer le coefficient de température. Les produits étaient purifiés et l'expérience conduite comme précédemment (*loc. cit.*).

La constance de la température était assurée à $\pm 0^\circ,05$: pour les températures supérieures à la température ambiante dans des thermostats à eau, chauffés au gaz, avec régulateur à toluène; à 15° par circulation d'eau refroidie sur la glace; à 0° dans la glace fondante.

Les phénomènes sont parfaitement réversibles; la f. e. m. est stable et reproductible; sauf à 0° où les mesures sont peu fidèles. Après séjour de 2 heures dans l'un des thermostats, la pile est toujours reportée à 25° de façon à vérifier sa constance, qui est excellente si l'on prend soin d'éviter, par passage d'un courant d'azote, la rentrée d'air due à la diminution de pression lorsque la pile a été préalablement à une température supérieure à 25°.

Le tableau ci-après (p. 540) donne la moyenne des résultats expérimentaux; pour chaque concentration il est fait au moins trois piles différentes. Sur chacune d'elles il est effectué une vingtaine de mesures. Dans une série, l'une quelconque des mesures s'écarte rarement de plus de 1.10^{-4} volt de la moyenne. E_{obs} représente la f. e. m. observée, x l'accroissement de concentration des ions SO_4^{--} dans le compartiment positif dû à la solubilité du sulfate mercureux (¹), ε la correction (²) résultant de cette solubilité et E la f. e. m. corrigée.

La courbe représentant, pour chaque concentration, les variations de la f. e. m. observée en fonction de la température est une droite qui, pour les solutions les plus concentrées, a un coefficient angulaire négatif; celui-ci diminue en valeur absolue lorsque la concentration diminue, s'annule pour $m = 0,00525$ M environ, puis devient positif pour les solutions plus diluées. Le tableau ci-dessous donne les valeurs de ce coefficient angulaire.

c mol gr/litre.............	0,525	0,105	0,02625	0.0105	0,00525	0,00105
$\frac{\Delta E}{\Delta t}$ 10^{-4} volt par degré.....	$-3,85$	$-3,30$	$-2,50$	$-1,20$	$+0,05$	$+1,80$

Si à partir des valeurs expérimentales on cherche à déterminer, par la méthode d'extrapolation classique de Lewis le potentiel normal de la pile, on n'obtient pas pour les différentes températures envisagées, ainsi que je l'avais déj à indiqué (*loc. cit.*) à 25°, de résultats satisfaisants.

(¹) On a pris pour la solubilité du sulfate mercureux les valeurs données par Seidel, p. 431.

(²) Pour le calcul de cette correction, voir *loc. cit.*

c (mol.-gr./litre).	$E_{obs.}$ (10^{-4} volt).	x (10^{-3} mol.-gr./litre).	ε (10^{-4} volt).	E (10^{-4} volt).
		$t=0°$.		
0,525........	3.690	0	0	3.690
0,105........	3.852	0	0	3.852
0,02625......	3.990 (4.019)*	0,20	0,5	(4.019)*
0,0105.......	4.110 (4.113)*	0,26	2,0	(4.115)*
0,00525......	4.186 (4.179)*	0,35	5,6	(4.185)*
0,00105......	4.296 (4.307)*	0,68	50,0	(4.357)*
		$t=15°$.		
0,525........	3.630	0	0	3.630
0,105........	3.803	0	0	3.803
0,02625......	3.986	0,24	0,7	3.987
0,0105.......	4.095	0,30	2,3	4.097
0,00525......	4.173	0,40	6,7	4.180
0,00105......	4.314	0,75	57,0	4.371
		$t=25°$.		
0,525........	3.592	0	0	3.592
0,105........	3.771	0	0	3.771
0,02625......	3.965	0,27	0,7	3.966
0,0105.......	4.083	0,34	2,7	4.086
0,00525......	4.170	0,44	7,7	4.178
0,00105......	4.318	0,82	62,0	4,380
		$t=35°$.		
0,525........	3.550	0	0	3.550
0,105........	3.739	0	0	3.739
0,02625......	3.947	0,31	0,8	3.948
0,0105.......	4.072	0,37	3,0	4.075
0,00525......	4.168	0,49	9,0	4.177
0,00105......	4.324	0,88	68,0	4.392
		$t=46°,5$.		
0,525........	3.504	0	0	3.504
0,105........	3.704	0	0	3.704
0,02625......	3.922	0,35	1	3.923
0,0105.......	4.058	0,42	4,5	4.062
0,00525......	4.163	0,55	10	4.173
0,00105......	4.328	0,92	78	4.406

* Valeurs interpolées sur la droite représentant à chaque concentration la variation de $E_{obs.}$ en fonction de t.

MAGNÉTOCHIMIE. — *Susceptibilité de quelques mélanges de corps à grand moment électrique*. Note de M. **J. E. Garssen**.

Nous nous sommes demandé si la susceptibilité diamagnétique de tels mélanges suivait toujours la loi d'additivité et avons choisi le nitrobenzène, l'acétone et la paranitraniline dont les moments électriques sont respectivement 3,9; 2,7; $7,1.10^{-18}$. Les mesures ont porté sur des substances purifiées avec le plus grand soin. L'acétone, séchée sur du chlorure de calcium, a été distillée à point fixe. Le nitrobenzène a été purifié par cristallisation, séché sur l'anhydride phosphorique et distillé dans le vide (P. F. = 5°,5). La paranitraniline a été obtenue par cristallisations successives, à partir de sa solution aqueuse, et séchée sur du chlorure de calcium (P. F. = 147°,6).

Les mesures ont été faites avec une balance de Curie-Chéneveau munie d'une démultiplication qui permettait de tourner l'aimant très lentement (sur l'échelle qui était à 316^{cm} du miroir, le spot lumineux se déplaçait à une vitesse de 1^{cm} par seconde). Ce procédé nous donnait une précision d'environ 3 pour 100.

La balance était étalonnée de temps en temps avec de l'eau. L'emploi de tubes gradués nous a permis de mesurer les densités à 0,5 pour 100 près, précision suffisante pour nos recherches. La température, dont les variations peuvent influencer indirectement la susceptibilité, était maintenue constante à un degré près.

L'eau et l'acétone donnaient des valeurs assez constantes, tandis que le diamagnétisme du nitrobenzène diminuait un peu avec le temps : aussi avons-nous repris la valeur de sa susceptibilité avant chaque mesure. Nous avons cru d'abord que ce changement était dû à une tautomérisation et mesuré la susceptibilité en tubes scellés remplis de diverses fractions du nitrobenzène distillé dans un vide très poussé. La déviation des tubes est restée constante pendant quinze jours. Il s'agit donc probablement d'une action de l'air sur le nitrobenzène (oxydation ou dissolution).

Acétone-nitrobenzène (temp. 20° C.).

Nitrobenzène (molécules pour 100).	Densité.	Susceptibilité magnétique moléculaire moyenne.
0,0	0,789	-337.10^{-7}
6,3	0,819	384
13,8	0,867	421
20,9	0,897	466
28,2	0,938	469
41,6	0,990	544
47,8	1,024	548
48,9	1,019	562
59,9	1,068	561
60,1	1,085	558
79,1	1,136	629
85,0	1,152	615
100,0	1,194	633

Nous n'avons pas pu construire la courbe complète du système acétone-paranitraniline, parce que la solubilité de la paranitraniline dans l'acétone n'est que d'environ 15^mol^ pour 100 (30 pour 100 en poids) à 18°.

Acétone-paranitraniline (temp. 10° C.).

Nitrobenzène (molécules pour 100).	Densité.	Susceptibilité magnétique moléculaire moyenne.
0,0	0,791	-339.10^{-7}
6,4	0,851	380
9,8	0,883	410
15,3	0,916	442
100,0	1,424	665

Conclusion. — La susceptibilité magnétique des mélanges acétone-nitrobenzène et acétone-paranitraniline n'est pas une fonction linéaire de la concentration.

Dans le cas du système acétone-nitrobenzène, l'écart à la loi d'additivité atteint un maximum d'environ 12 pour 100 pour la composition 50 pour 100 en molécules.

On obtient déjà un écart de 11 pour 100 pour le mélange acétone paranitraniline contenant 15 pour 100 en molécules de paranitraniline.

Il n'est pas impossible qu'il se forme une combinaison chimique; mais nous pensons plutôt que ces corps, possédant tous deux un grand moment

électrique et contenant tous deux des molécules associées, s'influencent assez pour que leur association individuelle diminue au profit d'une association entre les deux corps; il semble que ce changement ait une influence notable sur la susceptibilité diamagnétique.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur l'émission de neutrons par l'aluminium sous l'action des particules* α. Note de MM. **Pierre Auger** et **Gabriel Monod Herzen**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans une Note récente (¹), Mme Irène Curie et M. F. Joliot ont présenté des preuves de la présence de neutrons dans le rayonnement émis par l'aluminium sous l'influence des rayons α, preuves fondées sur la mesure de son absorption relative dans le plomb et la paraffine. Nous avons obtenu une confirmation de l'existence de ces neutrons, par la méthode de Wilson.

La source du rayonnement (²) était une petite ampoule contenant de la poudre d'aluminium et une forte dose d'émanation du radium (280 millicuries). Cette ampoule, entourée de briques de plomb, était placée à 18cm de la paroi de l'appareil et le rayonnement devait traverser une dizaine de centimètres de plomb. La chambre à détentes était remplie d'hydrogène humide, à la pression atmosphérique. Il a été fait dans ces conditions 500 clichés doubles (deux vues prises à angle droit dans chaque opération) et sur cet ensemble il y a quatre trajectoires de corpuscules positifs tout à fait identiques à celles obtenues avec le glucinium. Deux de ces trajectoires sont dues à des protons rapides, et portent latéralement des rayons β de collision bien visibles; elles sont orientées à peu près dans la direction du rayonnement. Les deux autres sont courtes, entièrement contenues dans le gaz et sont sans doute dues à des protons de faible énergie (quelques centaines de kv électron).

On peut déduire de ce résultat que l'émission des neutrons par l'aluminium est beaucoup plus rare que celle du glucinium dans les mêmes conditions (plusieurs dizaines de fois moindre) mais qu'elle a les mêmes caractères, et en particulier que les groupes de trajectoires longues et courtes produites dans l'hydrogène se retrouvent. Il n'a pas été possible d'analyser le rayonnement γ de l'aluminium, s'il existe, à cause de la très grande abondance des rayons γ de la substance radioactive excitatrice.

(¹) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 397.
(²) Préparée à l'Institut du Radium.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Lois de combustion des poudres colloïdales à la nitrocellulose*. Note (1) de MM. **H. Muraour** et **G. Aunis**, présentée par M. G. Urbain.

L'hypothèse que la vitesse de combustion des poudres colloïdales est proportionnelle non pas à la pression, mais à la densité des gaz (c'est-à-dire proportionnelle à la densité de chargement), n'est pas, comme nous l'avons antérieurement montré, vérifiée par l'expérience. Nos essais avaient été exécutés avec des poudres à la nitroglycérine, depuis lors l'hypothèse a été émise (2) que la loi de combustion en fonction de la densité, inexacte pour les poudres à la nitroglycérine, serait valable pour les poudres à la nitrocellulose. La présente Note à pour but de montrer qu'il n'en est rien.

Nous avons opéré comme précédemment dans une bombe de 150^{cm^3} type Vieille et dans la même bombe contenant une spirale d'acier destinée à augmenter le refroidissement par les parois. La poudre choisie etait une poudre B à la nitrocellulose sans stabilisant en lames de $1^{mm},02$ d'épaisseur. Les essais ont été exécutés à pression maximum constante, c'est-à-dire qu'on a augmenté la densité de chargement des essais exécutés avec spirale de façon à retrouver, autant que possible, la même pression que dans les essais exécutés dans la bombe de 150^{cm^3} sans spirale. Pour accentuer les différences les expériences ont été exécutées à basse densité de chargement. Voici les résultats obtenus :

Essais exécutés avec une pression maxima voisine de 370 kg/cm².

	Sans spirale de refroidissement. $\Delta = 0{,}040$.			Avec spirale de refroidissement. $\Delta = 0{,}052$.		
	PM.	$\int p\,dt$.	t.	PM.	$\int p\,dt$.	t.
	367	4,67	23,5	375	4,49	23,7
	367	4,79	23,5	377	4,64	24,7
	372	4,76	24,7	374	4,74	24,4
	360	4,57	23,5	367	4,54	24,7
Moy.	366	4,70	23,8	373	4,60	24,4

Bien que, dans les expériences exécutées avec lame, la densité de

(1) Séance du 6 février 1933.

(2) F. R. W. Hunt et G. Hind, *Proceed. Royal Society*, A, 138, 1932, p. 696.

chargement, c'est-à-dire la densité des gaz, ait été augmentée de 30 pour 100, la durée totale de combustion est restée pratiquement la même dans les deux séries d'essais.

	Pression max. ~ 220kg					
	sans spirale. Δ = 0,025.			avec spirale. Δ = 0,035.		
	PM.	$\int p\,dt$.	t.	PM.	$\int p\,dt$.	t.
	219	4,00	29,7	223	4,15	29,5
	219	4,10	30,3	223	4,41	31,6
	214	3,92	28,5	233	4,30	30,0
	212	3,88	29,6	231	3,94	28,9
Moy.	216	3,97	29,5	227	4,20	30,0

	Pression max. ~ 127kg					
	sans spirale. Δ = 0,016.			avec spirale. Δ = 0,023.		
	PM.	$\int p\,dt$.	t.	PM.	$\int p\,dt$.	t.
	131	3,39	45,7	126	3,52	48,5
	131	3,46	45,6	121	3,60	48,3
	128	3,63	50,0	126	3,48	48,5
	135	3,50	45,3	125	3,24	44,7
Moy.	131	3,49	46,9	124	3,46	47,5

Ici également, pour chaque série d'expériences, la pression maximum restant la même, la durée totale de combustion, avec ou sans spirale, est restée pratiquement invariable, malgré une augmentation de la densité de chargement, dans les essais avec spirale, voisine de 40 pour 100. L'hypothèse d'une vitesse de combustion proportionnelle à la densité des gaz est donc à rejeter.

Nous avons vérifié que les diverses valeurs de $\int p\,dt$, obtenues avec ou sans spirale, se placent convenablement sur le graphique temps/$\int p\,dt$, tracé à partir des expériences exécutées avec la même poudre à diverses densités de chargement, comme il avait été précédemment trouvé pour les poudres à la nitroglycérine. Cette nouvelle série d'expériences confirme donc nos précédentes conclusions : l'énergie qui doit être apportée à la poudre pour la décomposer a une double origine :

a. Apport d'énergie par chocs moléculaires (proportionnel à la pression et sous la dépendance de la température des gaz émis par la poudre);

b. Apport d'énergie indépendant de la pression et proportionnel au temps (effet de pseudorayonnement) [1].

Si nous considérons une poudre de composition, de forme géométrique et d'épaisseur données, tirée à une température et à un taux d'humidité également donnés, à chaque valeur de la durée totale de combustion correspondra une valeur bien définie de $\int p\,dt$ ($\int p\,dt$ étant une fonction linéaire décroissante de t) et ceci quel que soit le procédé employé pour faire varier la durée totale de combustion : variation de la densité de chargement, modification du refroidissement par les parois, augmentation du poids de l'amorce ou addition à la poudre d'une autre poudre plus vive, la température d'explosion ou la proportion de cette poudre plus vive pouvant d'ailleurs être quelconque.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la titrimétrie des sucres.* Note [2] de MM. **Ligor Bey**, **Rezat Bey** et **Gabriel Valensi**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

I. La volumétrie directe du glucose présente une difficulté dans l'appréciation du virage que marque la précipitation de l'oxydule de cuivre. Battandier [3] a imaginé de l'empêcher en ajoutant de l'ammoniaque au réactif cupro-alcalin, mais les résultats d'autres auteurs [4] sont nettement divergents. Denigès [5] met en cause l'appauvrissement de la liqueur en ammoniaque, au cours de son ébullition. Aucune mesure précise n'en ayant cependant rendu compte, nous avons étudié systématiquement l'influence des divers facteurs sur le procédé, que nous avons généralisé à divers sucres. Une publication ultérieure fera connaître les détails.

II. *Mode opératoire : a. Appareil.* — C'est un ballon à distiller de 300^{cm^3}, surmonté

---

(1) Nous avons désigné cet effet sous le nom d'effet de pseudorayonnement parce qu'il produit le même résultat qu'un rayonnement calorifique de la masse gazeuse, mais nous avons montré qu'il n'a nullement pour cause le rayonnement calorifique, son importance ne dépendant pas de la température des gaz émis par la poudre.

(2) Séance du 13 février 1933.

(3) Battandier, *Journ. Pharm. Chim.*, 5e série, 1, 1880, p. 221.

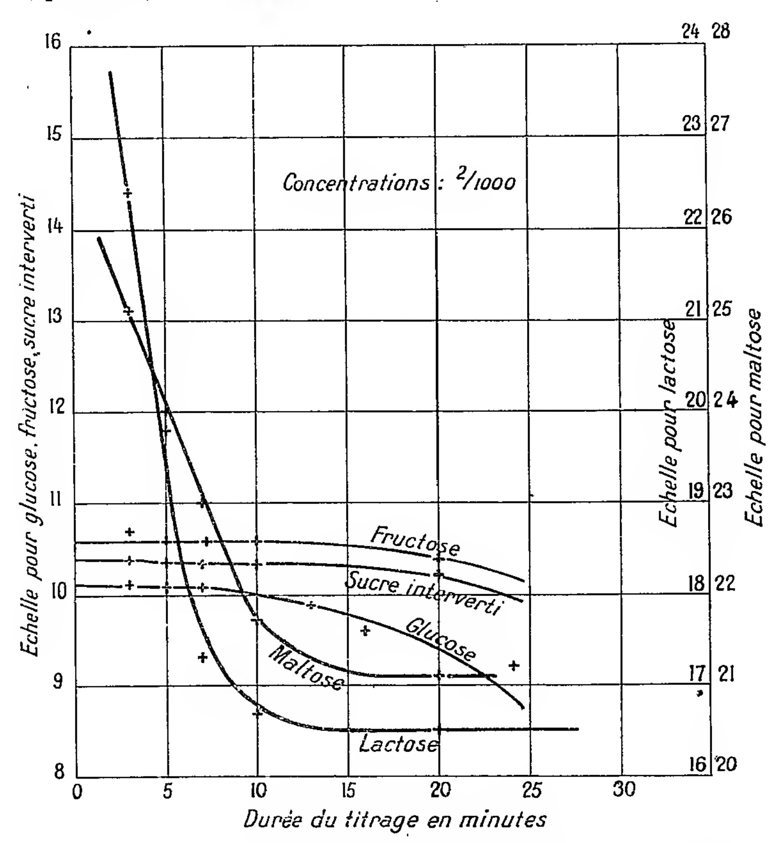
(4) Pavy, *Roy. Soc.*, 27, 1880, p. 260; Kinoshita, *Bioch. Zeit.*, 9, 1908, p. 208.

(5) Denigès, *Précis de Chimie anal.*, 1, 1930, p. 706.

d'une burette qui contient la solution sucrée et relié latéralement à une soupape de Bunzen, ce qui évite toute rentrée d'air.

b. Réactif. — Résultant du mélange, au moment de l'expérience, de volumes égaux de deux liqueurs, il a, par litre, la composition : $SO^4Cu, 5H^2O$: 2g,139; KOH : 10g,5; sel de Seignette : 10g,5; ammoniaque : 250cm³; eau : q. s.

La prise, par essai, est de 80cm³.



Centimètres cubes de solution sucrée nécessaire pour 80cm³ de liqueur oxydante.

Conduite d'un essai. — Trente secondes après l'ébullition, la solution sucrée est progressivement versée, une goutte par 15 secondes vers la fin, en étalant le titrage sur un temps total bien fixé.

III. *Influence de l'ammoniaque.* — Sauf avec le maltose, l'ammoniaque abaisse le pouvoir oxydant du réactif cupro-alcalin, mais à partir de 150cm³ par litre, son effet demeure absolument invariable. L'appauvrissement par ébullition ne fausse donc pas le titrage avec notre réactif.

IV. *Influence du temps.* — Des différenciations importantes se manifestent (voir la figure) : les oses en C^6 conservent le même pouvoir réduc-

teur durant une dizaine de minutes, puis augmentent d'activité. Pour les diholosides réducteurs en C^{12}, au contraire, l'action réductrice croît d'abord très vite, pour se maintenir constante vers la 15e minute. Il est possible que ceci résulte de la libération de fonctions aldéhydiques par hydrolyse. Les durées optima à observer sont, par conséquent, de 7 minutes pour les premiers sucres et de 20 minutes pour les seconds.

V. *Influence des concentrations.* — A l'approximation des mesures près et sauf dans le cas du maltose, nous avons pu représenter par des droites

$$y = b - ax$$

les relations entre la concentration pour 1000 des divers sucres et le nombre de milligrammes de chacun d'eux qu'oxyde chaque prise de réactif :

Pour le glucose..................	$a = 20,3$	$b = 0,23$
» fructose..................	21,7	0,15
» sucre interverti...........	20,9	0,16
» lactose..................	29,4	0,59

Dans le cas du maltose, on peut confondre la courbe avec sa tangente entre 0 et 10/1000e, et poser :

Pour le maltose..................	$a = 40,2$	$b = 0,33$

Au point de vue pratique, il n'est donc pas nécessaire d'observer une dilution bien déterminée, le sucre pour 1000 x étant, si l'on verse n^{cm^3},

$$x = \frac{b}{a+n}.$$

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage volumétrique du plomb.* Note de MM. **A. Travers** et **Lu**, présentée par M. Matignon.

Le dosage classique du plomb sous forme de sulfate est rendu très délicat et pratiquement impossible en présence du bismuth (cas des alliages fusibles) ou du baryum (cas des verres d'optique).

En milieu faiblement acide, nécessaire pour le dosage correct du sulfate de plomb, le sel de bismuth s'hydrolyse ; en présence de baryum, les deux sulfates donnent des *cristaux mixtes*, et le lavage du précipité au tartrate ou à l'acétate d'ammoniaque bouillant est illusoire, contrairement à ce que l'on trouve dans certains traités d'analyse.

Le plomb peut être dosé volumétriquement par une réaction très simple, que nous n'avons pas trouvée signalée jusqu'ici.

Si l'on fait bouillir pendant un quart d'heure environ une solution neutre d'un sel de plomb avec un excès d'eau de Javel, on précipite quantitativement PbO^2, qu'on peut ensuite doser iodométriquement. Le précipité est lavé à l'eau chaude, additionnée de 1 pour 100 de ClK, puis versé dans un ballon jaugé de 250^{cm^3}, renfermant la quantité nécessaire de IK + ClK; on agite, et l'on complète avec de l'eau jusqu'au volume jaugé. Le précipité de PbI^2 qui se forme, s'il y a de fortes teneurs en plomb, se dépose rapidement; on dose une partie aliquote de la liqueur surnageante, claire.

a. Dans le cas des alliages plomb-bismuth, le bismuth est d'abord séparé par le formiate de soude ([1]) en excès (solution 2N). On filtre le formiate de bismuth ([2]), on évapore à sec le filtrat, puis on détruit l'acide formique par l'acide azotique concentré, ajouté goutte à goutte. Le plomb est dosé ensuite dans la reprise par l'eau, par la méthode précédente. Dans les mêmes conditions, le cadmium qui accompagne le plomb (alliage de Wood) ne donne pas de peroxyde, mais seulement de l'hydroxyde $Cd(OH)^2$, soluble dans l'ammoniaque *décarbonatée*, d'où sa séparation ([3]) d'avec le bioxyde de plomb.

b. Pour séparer le baryum et le plomb, nous précipitons le plomb en milieu faiblement acide par SH^2 *sous pression :* on sature à froid dans une bouteille à pression, et l'on porte au bain-marie pendant deux heures; la précipitation du plomb est totale et le précipité se lave très bien à l'eau pure. Le sulfure de plomb est transformé en sulfate qu'on détermine à la façon habituelle.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur les indices d'halogène des huiles d'Aleurites dites de bois de Chine.* Note de M. **Pierre Lévy**, présentée par M. G. Urbain.

Les huiles d'Aleurites dites de bois de Chine — *Aleurites fordii* et *Aleurites montana* — forment un des principaux constituants des vernis gras

---

([1]) Strebinger et Zins, *Z. Analyt. Chem.*, 72, 1927, p. 417.

([2]) Le bismuth est ensuite dosé sous forme de BiOI.

([3]) Le cadmium est ensuite dosé sous forme de molybdate (Wiley, *Ind. and Eng. Chemy*, 3, 1931, p. 14).

modernes à séchage rapide. Ces huiles contiennent 80 à 95 pour 100 du triglycéride de l'acide élæostéarique, découvert par Cloëz et étudié ensuite par Maquenne [1], dont la formule est [2] :

$$CH^3 - (CH^2)^3 - CH = CH - CH = CH - CH = CH - (CH^2)^7 - CO^2H.$$

Le nombre de liaisons éthyléniques des huiles, en relation avec leur pouvoir siccatif, se détermine par l'indice d'halogène, généralement calculé en iode. Les méthodes de Hübl, de Wijs et de Hanus, employées habituellement pour ces mesures, donnent, avec les huiles d'aleurites, des résultats anormaux. Les nombres trouvés, en effet, correspondent à peu près à la saturation de 2 doubles liaisons de l'acide élæostéarique; ce n'est qu'au bout de 7 jours que la saturation de la troisième double liaison par le réactif de Wijs peut être complète [3]. Nos expériences ont confirmé ces résultats. De plus, d'après les modes opératoires usuellement décrits, Mlle François et Bouillat ont indiqué qu'il est impossible d'obtenir des résultats constants [4]. En même temps que ces auteurs, nous avions observé ce défaut et nous avons reconnu, en outre, que l'indice trouvé varie en raison inverse de la quantité d'huile employée. Ces méthodes ne peuvent donner de résultats constants, mais sans relation avec la valeur théorique, qu'en employant une quantité d'huile constante ($0^g,15 \pm 0^g,01$, par exemple).

Nous avons également essayé l'action des réactifs de Wijs et de Hanus, au bain-marie, au reflux, sur une solution d'huile d'aleurites dans le tétrachlorure de carbone, en évitant les pertes d'halogène. Après 2 heures de chauffage, la quantité d'halogène correspondant à la saturation complète de l'huile est absorbée. Mais on constate que le chauffage du réactif avec le tétrachlorure seul produit une diminution irrégulière du titre d'halogène libre, d'environ 2 pour 100 par heure, ce qui ne permet pas de faire des mesures exactes de l'indice d'halogène.

De meilleurs résultats sont obtenus par l'action du brome, qui a été essayée par de nombreux chercheurs. Kaufmann [5] a pu fixer le brome sur

---

(1) Cloëz, *Comptes rendus*, **81**, 1875, p. 469; **82**, 1876, p. 501; **83**, 1876, p. 943; Maquenne, *Comptes rendus*, **135**, 1902, p. 596.

(2) Boëseken et Mlle Ravenswaay, *Rec. trav. chim. Pays-Bas*, **44**, 1925, p. 241.

(3) Boëseken et Gelber, *Rec. trav. chim. Pays-Bas*, **46**, 1927, p. 158; Van Loon, *Farben Zeitung*, **36**, 1930, p. 1767.

(4) 65e *Congrès des Sociétés Savantes*, 1932, p. 104.

(5) Kaufmann, *Berichte deut. chem. Ges.*, **59**, 1926, p. 1390.

les trois doubles liaisons de l'acide élæostéarique, mais n'a pu éviter les produits de substitution. Toms, le premier, en faisant agir le brome en vapeur sur des pellicules d'huiles pesant 0g,02 à 0g,03, a indiqué des résultats satisfaisants ([1]).

En répétant ces expériences avec une balance sensible au 1/5e de milligramme, nous n'avons pu obtenir une précision suffisante qu'en employant une plus grande quantité d'huile et en l'étalant en couches 4 à 20 fois plus minces. Nous avons ainsi trouvé des résultats constants, correspondant à l'indice d'iode théorique.

Le mode opératoire adopté a été le suivant :

Une quantité d'huile comprise entre 0g,05 et 0g,30 est étendue uniformément en couche mince de $7^{cm} \times 7^{cm}$ sur une plaque de verre; elle est placée pendant 2 heures dans une boîte de Petri où se trouve une coupelle contenant 8 à 10 gouttes de brome. Le produit obtenu est chauffé ensuite à l'étuve à 50°-60° jusqu'à poids constant, pour chasser le brome absorbé physiquement. L'augmentation de poids pour 100 représente l'indice de brome. En multipliant ce nombre par 127/80, on obtient l'indice d'iode bromométrique.

Par cette méthode, nous avons obtenu, pour une huile d'*aleurites fordii* extraite au laboratoire, un indice de brome de 145 ± 2, soit un indice d'iode de 231 ± 3. Nos essais montrent que ce résultat est indépendant de la quantité d'huile mise en œuvre et également du temps de réaction. Pour différentes huiles d'aleurites essayées, nous avons trouvé des indices d'iode bromométriques compris entre 228 et 234, leur indice de réfraction étant, à 20°, pour la raie D, compris entre 1,5132 et 1,5203.

Si la fixation de brome se faisait avec substitution, il y aurait dégagement d'acide bromhydrique décelable, soit dans l'atmosphère de la cloche, soit dans l'huile. Nous avons démontré qu'il n'en était rien en répétant l'expérience dans une éprouvette fermée munie d'un entonnoir à robinet. Après 2 à 7 heures de contact, on absorbe le brome de l'éprouvette par de l'iodure de potassium et l'iode déplacé par de l'hyposulfite de sodium; la solution ainsi obtenue est neutre au rouge de méthyle. Il en est de même de la solution provenant de la désagrégation de la pellicule d'huile bromée.

Nous avons aussi déterminé les indices d'iode bromométriqnes d'huiles d'aleurites polymérisées par cuisson. Pour des huiles cuites à 295°, au voi-

([1]) Toms, *Analyst*, 53, 1928, p. 69.

sinage de la gélification, dont les indices de réfraction ($n_{D/20°}$) sont 1,5103 et 1,5060, les indices d'iode bromométriques sont 165 et 173, ce qui correspond environ à la disparition d'une liaison éthylénique dans le groupe élæostéarique. Nous avons également trouvé, pour une huile d'abrasin suspecte d'adultération, dont l'indice de réfraction, particulièrement bas, était 1,4956, un indice d'iode bromométrique de 181.

Conclusion. — La mesure de l'absorption de brome permet donc, à l'encontre des méthodes actuellement utilisées, de déterminer l'indice d'halogène vrai des huiles d'aleurites. Cette mesure présente, non seulement un intérêt théorique, mais aussi une utilité pratique, car elle permet de fixer une constante chimique complétant la mesure de l'indice de réfraction.

CRISTALLOGRAPHIE. — *De la différence qui existe entre un mica et une argile quant à l'orientation possible de cristaux se déposant sur eux.* Note de M. **L. Royer**, transmise par M. Pierre Weiss.

I. On sait que les micas, les micas durs, les chlorites, le talc, le kaolin, la pyrophyllite présentent un certain nombre de propriétés cristallographiques quasi identiques : le clivage facile suivant *p* (001) et la pseudosymétrie sénaire du réseau des plans *p* (001), entre autres.

L'analyse aux rayons X a montré qu'en outre dans ces différents minéraux les paramètres absolus du plan *p* (001) ont sensiblement les mêmes valeurs; ils oscillent autour de 5,10 Å dans la direction [100] et 8,90 Å suivant [010).

Les conditions *géométriques* des plans *p* (001) sont donc les mêmes dans ces groupes de minéraux; la maille élémentaire y a même forme et mêmes dimensions à peu de choses près.

Mais les conditions *physiques* y sont différentes.

En effet, les micas, les micas durs et les chlorites sont constitués par un empilement de plans *p* (001), chacun de ces plans étant chargé soit d'électricité positive, soit d'électricité négative. Dans le talc, le kaolin, la pyrophyllite, par contre les feuillets qui se succèdent le long de la droite [001] sont individuellement dépourvus de toute charge électrique, ils sont électriquement neutres.

Cela étant, on conçoit l'intérêt que peuvent présenter des essais d'orien-

tation de cristaux qui se déposent au contact d'un clivage frais d'un de ces minéraux.

En effet, quel que soit celui de ces minéraux qui serve de cristal support dans de pareilles expériences, la répartition géométrique des nœuds dans le plan de clivage sera toujours la même, mais ce plan présentera tantôt une polarité électrique (micas, micas durs, chlorites), tantôt il sera électriquement neutre (talc, kaolin, pyrophyllite).

Dans ces conditions les essais effectués avec ces minéraux sont particulièrement propices pour mettre en évidence, si elle existe, l'influence dans le phénomène de l'épitaxie (orientation mutuelle), de facteurs autres que celui dû aux conditions géométriques.

2. Dans un travail publié en 1928 (1) j'étais arrivé à la conclusion que deux facteurs au moins interviennent dans le phénomène de l'épitaxie.

Le premier de ces facteurs se rapporte à la répartition géométrique des nœuds dans les réseaux des deux espèces, qui doit être telle que deux mailles planes soient, à une certaine tolérance près, identiques dans les deux cristaux. Le second facteur a trait à la polarité des particules dans les deux substances; il faut que les particules qui, lors de l'accolement, dans l'une des substances occupent les positions des particules dans l'autre, soient toutes de même polarité qu'elles.

Mais, si ces conclusions étaient solidement étayées sur un grand nombre de faits en ce qui concerne le premier de ces deux facteurs, il était utile de rechercher d'autres exemples propres à mettre en évidence l'importance du second facteur.

Or les essais effectués sur les micas, les micas durs, les chlorites, le talc, le kaolin, la pyrophyllite apportent à ce sujet quelques précisions.

En effet, de deux choses l'une :

Ou bien dans le phénomène de l'épitaxie les deux facteurs interviennent ensemble de la manière définie ci-dessus et alors un cristal qui se dépose en position orientée sur le mica le fera également sur les micas durs et les chlorites, mais non pas sur le kaolin, le talc, la pyrophyllite.

Ou bien la polarité des particules n'importe pas et pour qu'il y ait orientation mutuelle il est nécessaire et suffisant que deux mailles planes soient quasi identiques dans les deux cristaux; alors un cristal qui sera orienté par un mica devra l'être également à la fois par les micas durs, les chlorites, le kaolin, le talc, la pyrophyllite.

---

(1) L. Royer, *Bull. Soc. franç. de Minéralogie*, 51, 1928, p. 7-159.

3. L'expérience montre sans exception aucune que de ces deux choses c'est toujours la première qui est réalisée et jamais la seconde.

A conditions expérimentales égales, tous les cristaux orientés par un mica le sont également par les micas durs et les chlorites, mais ne le sont nullement par le talc, le kaolin et la pyrophyllite.

Après ces essais, il semble hors de doute que dans l'orientation mutuelle de cristaux d'espèces différentes, la polarité des particules dans les deux substances est de première importance au même titre que la répartition géométrique des nœuds dans les plans d'accolement.

4. Par ailleurs cette conclusion se trouve confirmée par le fait suivant : tous les cristaux qui donnent un dépôt orienté sur le plan $p(001)$ du mica (leur nombre dépasse actuellement 25) s'accolent au plan $p(001)$ toujours par une face qui ne contient qu'une seule sorte d'ions; soit uniquement des ions positifs, soit uniquement des ions négatifs.

C'est dire que dans tous les cas où il y a orientation, les particules du cristal orienté qui occupent les positions des particules du plan $p(001)$ du mica sont toutes et toujours de même polarité qu'elles.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur les propriétés des cristaux de phlorizoside (phlorizine).* Note de M. **Paul Gaubert.**

Les cristaux de phlorizoside ($C^{21}H^{24}O^{10} + 2H^2O$) se présentent en longues aiguilles très fines, aussi l'examen de leurs propriétés physiques est presque impossible; mais j'ai constaté que l'addition de la plupart des matières colorantes organiques, naturelles ou artificielles, provoque non seulement des modifications du faciès des cristaux, mais aussi l'élévation de leur taille.

Les cristaux colorés prennent de très belles teintes, deviennent polychroïques [il s'agit, en effet, de solutions solides telles que je les ai définies ([1])], et avec certaines matières, sont très fluorescents sous l'influence des rayons ultraviolets. Avec une proportion convenable de colorant dans le cristal ($1/1000^e$ à $1/200^e$), il se forme des lames rectangulaires pouvant dépasser 1^{mm} de large sur quelques millimètres de longueur, 2 à 3, par exemple, au lieu de 15 et même 20 avec la phlorizine pure. Il se produit même des cristaux isométriques et des lames losangiques, dont le

([1]) P. Gaubert, *Comptes rendus*, 167, 1918, p. 151.

petit diamètre, parallèle à l'axe d'allongement des fibres pures est environ quatre fois plus petit que le diamètre transversal. Par conséquent, les matières étrangères, en passant dans le cristal, provoquent un raccourcissement relatif de ce dernier d'au moins cent fois.

Ces lames montrent en lumière convergente l'image donnée par un cristal perpendiculaire à la bissectrice n_g des axes optiques dont l'angle est très grand. L'autre bissectrice n_p est parallèle à l'axe des fibres, dont l'allongement optique est, par conséquent, négatif.

Comme il n'y a pas de dispersion des axes optiques, on peut supposer que les cristaux sont orthorhombiques. La face d'aplatissement peut être notée $h^1(100)$, les deux facettes latérales parallèles au plan des axes optiques $g^1(010)$. La face perpendiculaire à n_p, en même temps plan de clivage peu facile, correspond à $p(001)$. Parfois il existe une face en zone avec g^1 et h^1, qu'on peut noter $m(110)$, mais comme elle est rugueuse et striée il ne m'est pas possible de mesurer l'angle permettant de calculer le rapport a/b. Celui des faces $e^1 g^1$ est voisin de 104°, ce qui donne 0,245 pour la valeur de c/b.

Les larges lamelles sont souvent dentelées par suite de la formation de nombreux sous-individus limités par les faces e^1. Parfois des figures d'accroissement ayant la forme de triangles isoscèles, dont la base est parallèle à l'arête h^1p, existent sur la face h^1 et indiquent l'hémimorphisme suivant l'axe vertical c.

Les cristaux sont assez réfringents. La mesure de leurs indices de réfraction par la méthode d'immersion a donné les valeurs suivantes pour le jaune :

$$n_g = 1,628 \pm 0,003; \quad n_m = 1,615 \pm 0,003; \quad n_p = 1,604 \pm 0,003.$$

L'action de la chaleur d'après mes observations est intéressante et permet d'expliquer les deux points de fusion observés par Stas [1] et autres auteurs. Voici le résultat de mes expériences.

A. Les cristaux de phlorizoside sont chauffés dans un liquide inerte (huile de vaseline). Vers 105°, l'eau se dégage et de nouveaux cristaux se produisent aux dépens des anciens dont le contour extérieur est à peu près conservé, mais il n'y a pas d'orientation commune. Si les cristaux hydratés

---

[1] J.-S. STAS, *Ann. de Ch. et de Phys.*, 69, 1838, p. 369; EM. BOURQUELOT et A. FICHTENHOLZ, *Comptes rendus*, 154, 1912, p. 525; M. BRIDEL et A. KRAMER, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 748.

sont colorés, la matière colorante est rejetée par ceux de la substance anhydre. La densité de cette dernière est de 1,452 au lieu de 1,431 (phlorizoside hydratée).

Les cristaux anhydres fondent vers 150°, par conséquent la phlorizine chauffée dans un liquide ne présente qu'un seul point de fusion. Ce n'est qu'exceptionnellement que de petits cristaux fondent en se déshydratant si la température passe brusquement de 100 à 110°.

B. Les phénomènes observés avec des cristaux chauffés à l'air sont différents. Au voisinage de 100°, ou mieux un peu au-dessus, ils perdent peu à peu leur biréfringence et deviennent finalement isotropes. L'eau d'hydratation à disparu, mais leur forme, leur transparence, leur couleur sont conservées; le polychroïsme diminue avec la biréfringence. Vers 106°, les cristaux se ramollissent légèrement, à 107-109° ils sont pâteux, il n'y a pas de point de fusion net. Vers 130° et même avant le liquide se solidifie de nouveau par suite de la formation de très petits cristaux de phlorizoside anhydre. Par conséquent la fusion a lieu vers 150°. Le liquide peut recristalliser par refroidissement et l'indice médian de la masse est de 1,620 pour le jaune.

Parfois les cristaux se déshydratant à l'air peuvent se transformer directement en cristaux anhydres et alors il n'y a qu'un seul point de fusion (150°).

Ces diverses propriétés du phlorizoside (coloration artificielle des cristaux en voie d'accroissement avec modification de leur faciès, leur transformation sous l'influence de la chaleur), indépendamment de l'intérêt général qu'elles présentent, permettent, en tenant compte des constantes optiques, de caractériser cette substance même existant en très faible quantité. Cela offre un certain intérêt à cause de sa présence dans certaines plantes (rosacées et éricacées) et de son action physiologique sur les animaux (diabète artificiel).

GÉOGRAPHIE HUMAINE PRÉHISTORIQUE. — *Buttes artificielles en valves de Lamellibranches (Annam septentrional).* Note [1] de Mlle **M. Colani.**

Dans les provinces de Nghê-an et de Hâ-tinh se voient de singuliers dépôts de valves de *Placuna placenta* Linné (Ostracea). Fort plates, posées horizontalement ou presque, elles s'imbriquent sans intercalation de

---

[1] Séance du 30 janvier 1933.

substance étrangère, sauf de rares exceptions. En coupe, l'ensemble se présente comme une immense *pâte feuilletée*. Dans les paquets de coquilles brisées, les morceaux sont aussi horizontaux: Aucune n'a été roulée par les eaux. Assez peu de valves sont en connexion. Coquilles complètes et valves isolées ont une orientation variable. L'intérieur de la valve droite (à deux crêtes chondrophores divergentes, l'antérieure plus courte) est tourné vers l'extérieur ou en sens invesse : de même pour la valve gauche (à deux rainures inégales correspondant aux crêtes). Trois types d'agglomération sont constitués par le solide feutrage : *a*, plates-formes basses, souvent concaves; *b*, tertres à base subelliptique; *c*, dépôt placé sur une terrasse naturelle, latérale ou terminale (mamelon calcaire ou terreux). Dans les types *a* et *b*, la pâte feuilletée repose sans transition sur la terre, parfois à un niveau un peu inférieur à la surface actuelle du sol.

En 1929, M. Pajot trouva, dans plusieurs dépôts de Cau Giat, un mobilier préhistorique peu abondant : instruments amygdaloïdes en pierre taillée, haches en pierre polie, elliptique et à soie, pilons broyeurs, polissoirs; poinçons et gouges en bois de cervidés ou en os; vertèbres amphicœliennes de poissons; cypres perforées; tessons céramiques, etc.; os de Vertébrés et valves de *Placuna* calcinés; charbon; fragments de squelettes humains, l'un d'eux colorié à l'ocre rouge.

La présence de ces objets dans un feutrage naturel très compact étant presque inexplicable, M. Cœdès, Directeur de l'École Française d'Extrême-Orient, m'envoya en 1932 étudier la question. Dans douze dépôts, je fis des recherches méthodiques. Dans *tous* et à *tous* les niveaux où portèrent mes investigations, j'ai rencontré *des traces de la présence de l'homme*, entre autres, des fragments de charbon et presque toujours des tessons céramiques. Il a apporté les unes après les autres ces valves de *Placuna*. L'hypothèse de formation naturelle est donc à rejeter pour des dépôts de ce genre.

D'ailleurs, par une étude minutieuse, j'ai pu constater que lorsque des amas de coquilles ont vraiment une origine naturelle, l'on n'y constate jamais d'empilement donnant l'aspect de « pâte feuilletée ».

De mon enquête il résulte que vingt dépôts importants et petits, anciens, de valves de *Placuna placenta*, répartis sur 100^{km} (N-S), sont dus à l'homme. Ils contiennent au moins du charbon, des tessons, des ossements humains. Aucun n'a encore été fouillé, sauf à Cau Giat; nous n'avons fait que des trous de recherches. Les mobiliers de Cau Giat et les tessons récoltés seraient néolithiques.

Les agglomérations en question de valves de Lamellibranches se trouvent soit aux environs et au-dessus de l'altitude 2, au bord d'anciens golfes ou du lit majeur, abandonné maintenant, de cours d'eau, soit un peu au-dessous de la cote 1, contre le flanc de petits monticules, à l'embouchure d'un fleuve. Dans les deux cas, au voisinage, des lagunes actuelles : autrefois elles étaient plus étendues, la marée s'y faisait sans doute sentir. L'homme trouvait la chose essentielle, la nourriture, dans cette eau saumâtre. Habiter dans la région était moins aisé, terrain salsugineux, où ne poussaient guère, semble-t-il, que de maigres plantes halophiles, suffisantes comme combustibles. Les pierres étaient souvent absentes, ou difficiles à manier. Restait pour ériger des plates formes les valves de *Placuna*, sortes de petites tuiles. Sur la pâte feuilletée, on était au sec. Une question se pose : ces terrasses sont-elles dues à l'éparpillement capricieux de déchets culinaires ou une partie des valves n'auraient-elles pas été apportées comme matériaux de construction ?

A Phuc To, j'ai découvert un grand mamelon fait en entier, semble-t-il, de valves isolées d'*Arca*, probablement *Arca* (*Anadara*) *granosa* Linné.

L'importante et riche butte de Da But (long. $115^G,857$: latit. $24^G,6$) trouvée et fouillée en majeure partie par M. Pajot, présente des caractères assez différents. Bacsonienne, elle est constituée par des coquilles fluviatiles de Mollusques de plusieurs espèces. Elle abritait des ossements de quelques hommes contemporains du mobilier.

BOTANIQUE. — *Caractères anatomiques résultant de l'arrêt du développement chez les galles.* Note de Mme **Vorms**, présentée par M. Molliard.

La question du déterminisme gallaire peut être abordée de deux façons : la première consiste à provoquer expérimentalement la formation des galles à l'aide des produits sécrétés par les gallicoles ; la deuxième a pour but d'étudier l'arrêt du développement cécidogène par suite de la disparition de la larve parasite. Cet arrêt se trouve réalisé directement dans la nature chaque fois qu'un parasite secondaire se substitue à la larve primitive ou qu'une cause accidentelle entraîne la mort de cette dernière ; indirectement on peut arrêter la croissance d'une cécidie en supprimant la larve par un traumatisme expérimental.

Premier cas. — *Galle de* Mikiola Fagi *parasitée par* Secodes coactus. — Sur les feuilles de Hêtre, on trouve, à côté des galles normales de *Mikiola*,

des galles plus petites, moins renflées, sans pigment authocyanique. Ce dimorphisme, signalé par M. Molliard (*Comptes rendus*, 183, 1926, p. 624), correspond à la substitution d'un parasite secondaire, le *Srcodes coactus* à la larve primitive.

Par rapport à la structure normale, l'étude anatomique d'une galle parasitée donne les indications suivantes : l'épiderme est mince, peu cutinisé, sans stomates; les couches sous-épidermiques sont formées d'éléments irréguliers; les plus superficiels ont une très petite taille et paraissent écrasés; les autres s'allongent et gagnent en grosseur mais sans atteindre les dimensions ordinaires. Le parenchyme si important dans les galles normales ne comporte que trois ou quatre rangées de cellules massives à parois épaisses. A la limite de ce parenchyme se trouve un anneau de cellules, bourrées d'oxalate de calcium en cristaux clinorhombiques. La partie interne de la paroi gallaire est formée de petites cellules peu différenciées; la dernière assise borde régulièrement la loge centrale et ne porte aucune trace d'attaque larvaire. Les faisceaux vasculaires, peu développés, sont constitués par des éléments de calibre réduit.

La galle, à la fin de son évolution, témoigne de quelques changements : l'épiderme s'est assez fortement cutinisé et les couches sous-épidermiques ont augmenté d'épaisseur, mais les cellules radiales ont gardé leur forme épaisse et n'ont subi aucune modification; le parenchyme interne s'est différencié en deux zones qui se colorent différemment : la première a des éléments quadrangulaires de taille réduite, fixant bien le vert d'iode; la seconde, d'épaisseur régulière, se teinte en rose violacé par le carmin; sa dernière assise, toujours intacte, constitue le revêtement interne de la galle. La chute des galles parasitées suit un processus identique à celui des galles normales et les coupes révèlent la présence du bourrelet sclérenchymateux qui détermine le décollement de la cécidie.

Deuxième cas. — *Galle de* Mikiola Fagi *dont la larve a été détruite par une piqûre expérimentale.* — Si, dans une galle encore très jeune, on détruit la larve par une piqûre expérimentale, on observe les modifications suivantes des tissus végétaux développés surtout à la face inférieure de la feuille : l'épiderme reste mince avec des parois non cutunisées; le parenchyme n'est pas différencié, ses cellules irrégulières, à contours peu précis, laissent entre elles de nombreux méats; le tissu vasculaire est peu fourni et ne comporte que des éléments de petit diamètre; dans l'ensemble, le développement cellulaire est très réduit. Toutefois, il faut signaler l'abondance de l'oxalate de calcium, sous forme d'énormes macles réparties dans toute la

paroi, mais plus spécialement au voisinage des faisceaux libéro-ligneux et dans la zone de décollement. Ces macles qui remplissent complètement les cellules qu'ils occupent sont identiques par leur forme, leur grosseur et leur répartition à celles qui caractérisent les débuts d'une galle normale.

L'arrêt du développement coïncide avec la destruction de la larve; des galles témoins indiquent qu'il ne s'est produit aucune modification des tissus gallaires entre la date de la piqûre et celle de la récolte; ce qui confirme que l'accroissement d'une cécidie ne saurait se poursuivre en l'absence de la larve primitive.

En résumé, il existe des traits communs à toutes les galles arrêtées dans leur développement, par suite de la disparition de l'insecte cécidogène. Elles sont de taille réduite et peu colorées. Par rapport aux galles normales, elles ont une paroi plus mince et moins résistante; leurs éléments cellulaires sont moins nombreux et moins gros; la différenciation des tissus n'est qu'ébauchée; l'épaississement et la lignification des parois sont peu marqués et les sclérenchymes se forment rarement; l'arrêt de développement porte de façon très apparente sur les tissus caractéristiques de chaque galle : grandes cellules radiales (*Mikiola Fagi*); le tissu vasculaire est peu abondant; le tissu nourricier n'a pas été attaqué par le parasite; on constate la présence d'une grande quantité d'oxalate sous forme d'oursins.

Ces galles arrêtées ont des caractères semblables à ceux des galles normales dans les premières périodes de croissance; ce qui revient à dire que leur développement a cessé très tôt et brusquement à la suite de la disparition accidentelle ou provoquée du gallicole.

La galle et son hôte paraissent former une association dans laquelle tout arrêt de croissance chez l'un a sa répercussion chez l'autre; il est donc naturel d'admettre que la disparition de la larve suspende toute activité cellulaire; la galle ne peut atteindre son développement normal en dehors de la présence du gallicole.

CRYPTOGAMIE. — *Sur les différents symbiotes des Cochenilles productrices ou non productrices de cire.* Note de M. S. **Mahdihassan**, présentée par M. L. Mangin.

On connaît très mal la biogenèse des substances sécrétées par les Cochenilles, et c'est ainsi qu'on ignore comment se produit la couleur rouge chez

les Cochenilles à gomme laque cependant si connues. Il en est de même pour l'origine des diverses catégories de laques et de cires qui proviennent aussi de la Cochenille à laque. L'étude de cette question m'a amené à mettre en évidence une relation entre ces sécrétions et la nature des symbiotes qui renferment ces insectes. Il existe, par exemple, des Cochenilles qui sécrètent une résine complètement fusible et que je désigne sous le nom de Cochenilles à laque guénine : celles-ci sont caractérisées par des symbiotes qui offrent l'aspect de levures. Les autres insectes, au contraire, produisent une pseudo-gomme laque qui n'est que peu ou pas fusible et ne se dissout que partiellement dans l'alcool : ces derniers sont caractérisés par des symbiotes présentant les caractères des Bactéries.

Les symbiotes des Insectes à cire, qui feront l'objet de cette Note, sont tout à fait différents et sont toujours des formes Levures. Ils sont d'une nature tellement différente que par leur seule présence, il est possible de déterminer l'espèce qui les renferme. Par leur étude, il m'a été possible de trouver une nouvelle espèce d'Insecte qu'un spécialiste avait rapporté à *Ceroplastes ceriferus* (And.) et que je propose de nommer *Ceroplastes vayssierei*. Cet Insecte se trouve sur *Dedonœa viscosa*.

En comparant les différentes espèces de Ceroplastodes, on constate que leur sécrétion est une matière d'aspect semblable au verre, tandis que la sécrétion de Ceroplastes est blanche et moelleuse. Ces deux types d'Insectes appartiennent donc bien à des genres différents.

Les espèces de Ceroplastodes montrent aussi des différences dans leurs symbiotes. Le plus petit insecte de ce genre est le *C. cajani* qui renferme également le symbiote le plus petit que j'ai observé. Une autre espèce de ce genre, plus grande que la précédente, contient aussi un symbiote de dimension plus grande. Sur *Anona squamosa*, j'ai découvert une forme nouvelle qui possède des symbiotes très gros et qui offrent un intérêt spécial. Malheureusement, malgré tous mes efforts, il ne m'a été possible de trouver qu'un seul exemplaire de cette forme dont nous représentons les symbiotes dans la figure 1. Cet Insecte constitue une espèce tout à fait nouvelle pour laquelle je propose le nom de *C. Guilliermondi*.

Les autres genres des Insectes à cire des Indes sont : *Inglisia; Cardiococcus* et *Vinsonia* qui tous renferment des symbiotes à forme levure.

La sécrétion des Insectes *Cerococcus*, telle qu'on l'entend aujourd'hui, ne paraît pas uniforme. Grâce à l'obligeance de M. Green, j'ai pu disposer d'un exemplaire de *C. hibisci*. Sous le microscope, la sécrétion de cet Insecte paraît identique à celle des Ceroplastes. Des réactions microchimiques

m'ont montré que la cire sécrétée par ces animaux est soluble dans le xylol, le chloroforme et l'éther, ce qui prouve son caractère cérumineux.

J'ai trouvé sur *Canthium parviflorum*, *Cerococcus ornatus* (Green). La sécrétion de cet Insecte ressemble à du cuir et résiste aux solvants de la cire même bouillante. La figure 2 montre l'aspect du symbiote de cette espèce.

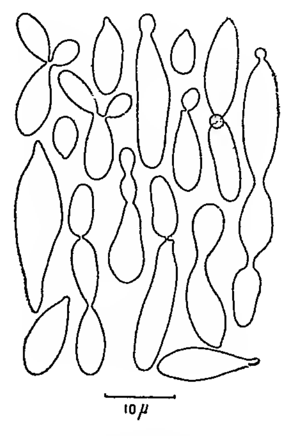


Fig. 1. — Symbiote de Ceroplastodes Guilliermondi (Insecte producteur de cire). La forme de ce symbiote est celle d'une levure.

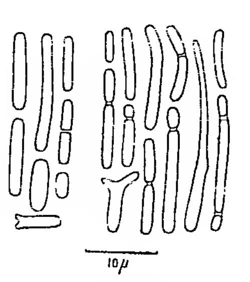


Fig. 2. — Symbiote de *Coriococcus ornatus* (Green) (Insecte non producteur de cire). La forme du symbiote est celle d'une Bactérie.

Celui-ci ayant été ensemencé sur bouillon de culture fut envoyé au Laboratoire du professeur Fowler, directeur de la Section biochimique de l'Indian Institut of Science à Bangalore où il a été déterminé comme une Bactérie; sa division s'opère par cloisonnement transversal comme le montre la figure 2. On peut donc distinguer *C. hibisci* et *C. ornatus* d'une part par leurs sécrétions respectives, d'autre part par leur symbiote. Il y a là un cas intéressant analogue à celui des Cochenilles à laque guénine et de l'Insecte à pseudo-gomme laque. Je propose pour ce genre nouveau le nom de *Coricoccus* et pour l'Insecte celui de *Coricoccus ornatus*. Je n'ai pas encore pu obtenir des exemplaires vivants de *Cerococcus* à guénine. Mais d'après l'étude que j'ai faite, il semble que, dans cette espèce, le symbiote se rattache aux Levures. Il en est de même pour les Insectes à cire de Madagascar et de Chine.

On voit donc, pour conclure, que les différences physiologiques que j'ai mises en évidence constituent un caractère de plus pour le classement correct des Insectes, caractère qui n'a d'ailleurs qu'une valeur relative.

PHYSIOLOGIE CELLULAIRE. — *Sur une certaine corrélation entre la réversibilité des phénomènes d'instabilité cytoplasmique et la disparition spontanée des colorations vitales du vacuome dans l'*Ascoïdea rubescens. Note de M. **Pierre Gavaudan**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

L'exemple classique des cellules spéciales des plantes carnivores, les nombreux faits connus sur l'instabilité cytoplasmique montrent que la disposition morphologique du vacuome peut varier à la suite d'une excitation naturelle ou artificielle. Le déterminisme sans doute commun de tous ces phénomènes n'est pas élucidé car il faudrait pouvoir relier leur production à une connaissance très précise des modifications du milieu intérieur cellulaire.

De nouvelles observations faites sur l'*Ascoidea rubescens*, champignon hémiascomycète déjà étudié par nous à ce point de vue, nous ont prouvé l'existence d'une certaine analogie entre l'action de divers poisons (acide cyanhydrique, chlorhydrate de cocaïne, sulfate de spartéine, chlorhydrate de morphine, hydrate de chloral) et celle des colorants vitaux. Si la dose de poison employée est assez faible (1/10000ᵉ pour la cocaïne par exemple) les sphères de cytoplasme précipitées en abondance dans le vacuome réintègrent rapidement et spontanément la masse générale du corps cellulaire comme après une excitation électrique. L'emploi exclusif du rouge neutre dans nos premières recherches [1] ne nous avait pas permis d'observer les phénomènes de réversibilité spontanée dans le cas d'une coloration vitale un peu poussée et nous avions seulement noté l'existence d'une instabilité importante en présence de traces de colorant insuffisantes pour colorer le vacuome. Le bleu de crésyl utilisé à des concentrations variant entre 1/10000ᵉ et 1/5000ᵉ nous a permis de compléter ainsi ces données : 1° certaines cellules ont un vacuome filamenteux et polarisé selon le grand axe; ses éléments perdent leur réfringence en se colorant, entrent en coalescence, et il se produit une contraction plus ou moins importante en une à quatre grandes vacuoles contenant des sphères de cytoplasme; 2° dans les autres cellules le vacuome plus fluide est en siphon plus ou moins continu, il s'y produit au moment de la coloration vitale les mêmes phénomènes de contraction vacuolaire et d'émission de cytoplasme.

---

[1] P. Gavaudan et Bogdan Varitchak, *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 79, 1932, p. 87-91, pl. IV.

Dans les deux cas, sans aucune intervention expérimentale supplémentaire, on assiste ultérieurement à une décoloration spontanée des vacuoles colorées en violacé par le bleu de crésyl. Selon le degré de coloration, la décoloration survient en une à 10 minutes et coïncide toujours avec le retour à l'aspect normal de la cellule. La réversibilité est d'autant plus parfaite au point de vue morphologique que l'excitation par le colorant vital a été plus faible. Dans le premier cas le vacuome contracté se sépare de nouveau en éléments isolés qui reprennent leur réfringence en se décolorant. Dans le second cas on voit au moment où la coloration disparaît les sphères de cytoplasme endovacuolaire, jusqu'alors immobiles, perdre leur contour régulier, entrer en rotation, devenir amœboïdes, s'étirer en bâtonnets reconstituant un système trabéculaire ou alvéolaire découpant plus ou moins le siphon primitif du vacuome. On peut reproduire facilement la même expérience une dizaine de fois sur la même cellule en faisant parvenir après chaque décoloration une nouvelle dose de colorant vital. Le sulfate de bleu de Nil donne des résultats identiques, mais les modifications vacuolaires sont plus durables qu'avec le bleu de crésyl. Le rouge neutre au 1/10000e est plus nocif et produit des perturbations encore plus sévères, la réversibilité n'étant obtenue qu'au bout de trois quarts d'heure à une ou plusieurs heures. Les précipités vacuolaires de ces trois colorants disparaissent eux-mêmes par un processus que nous n'avons pas encore élucidé.

Deux hypothèses pourraient être retenues pour expliquer ces faits : 1° celle d'une réduction ou d'une assimilation des colorants vitaux; 2° celle d'un mécanisme d'excrétion. Il est impossible de conclure sur ces simples expériences, d'autant plus que certains colorants de la liste des indicateurs d'oxydation réduction donnent des résultats difficiles à interpréter, tels le bleu de méthylène, le vert Janus; en outre la réduction du rouge neutre dans la cellule est généralement considérée comme inadmissible (¹) et d'après M. Parat (²) ce serait le milieu intra-cytoplasmique et non le vacuome qui serait doué du pouvoir réducteur. D'autre part R. Cazalas (³) a observé des décolorations vacuolaires nettes avec le rouge neutre chez *Nitella*. Il serait donc également prématuré d'essayer de ratta-

(¹) Guilliermond, Mangenot et Plantefol, *Traité de Cytologie végétale*, 1933, note 2, p. 295-296 (E. Le François, Paris, 1933).

(²) *Thèse*, Paris, 1928, p. 297-319.

(³) *Le Botaniste*, 22e série, f. III-V, juin 1930, p. 295-316.

cher l'autodécoloration vacuolaire de l'*Ascoïdea* à une simple élimination par diffusion, car des vacuoles apparemment identiques d'une même cellule ne se décolorent pas synchroniquement et il n'est pas rare de trouver dans tous les articles d'un même filament une polarisation très nette dans le même sens des vacuoles les plus rapidement autodécolorables.

PHYSIOLOGIE. — *Rôle de l'avitaminose* B *totale et de l'équilibre alimentaire dans l'utilisation du lactose par l'organisme du Rat.* Note de M. **Raoul Lecoq**, présentée par M. A. Desgrez.

Saccharose et lactose (entrant au taux de 66 pour 100 dans un régime artificiel) se comportent très différemment vis-à-vis de l'organisme du Pigeon. Dans le cas du lactose, l'addition de levure de bière, bonne source de vitamines B, n'empêche, ni l'apparition de crises nerveuses, ni la mort de survenir au bout de 15 à 35 jours; tandis que, dans le cas du saccharose, les sujets traités dans des conditions identiques se développent parfaitement, sans jamais présenter d'accidents, même au bout de 5 à 6 mois (¹).

Toutefois, en modifiant les proportions des principes nutritifs du régime et spécialement en ramenant la proportion du lactose à 35 ou 50 pour 100, il est possible de réaliser certains équilibres alimentaires (comparables aux équilibres naturels des laits de Vache, d'Anesse ou de Femme), permettant une meilleure utilisation du lactose pur par le Pigeon (²).

Les conditions d'équilibre relativement strictes, nécessaires pour permettre cette utilisation du lactose par les Pigeons, sont-elles exigibles par d'autres organismes, ceux des Mammifères notamment, qui dès leur plus jeune âge reçoivent cet élément sous forme de lait? C'est cette question que nous avons cherché à résoudre, en nous adressant au jeune Rat blanc comme animal d'expérience.

Les régimes employés pour cette étude ont été calculés sur les mêmes bases que les régimes primitivement utilisés pour le Pigeon, compte tenu de la proportion d'éléments lest, laquelle n'était pour le Rat que de 2 pour 100. Dans ces conditions, les pourcentages de lactose qui étaient

---

(¹) Mme L. Randoin et R. Lecoq, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1068.

(²) Mme L. Randoin et R. Lecoq, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1188; et *C. R. Soc. Biol.*, 102, 1929, p. 371.

de 66, 35 et 50 dans les régimes des Pigeons, devenaient respectivement de 72; 38 et 55 dans les régimes des Rats.

La composition de ces régimes, privés de vitamines B était :

	Régime			
	I.	II.	III.	IV.
Caséine purifiée	6	6	9	5
Fibrine purifiée	6	6	9	5
Ovalbumine purifiée	6	6	9	5
Graisse de beurre	4	4	8	8
Saindoux	0	0	20	17
Saccharose	72	0	0	0
Lactose	0	72	38	55
Mélange salin	4	4	5	3
Agar-agar pulvérisé	2	2	2	2

Parallèlement, nous avons utilisé les mêmes régimes additionnés de 5 pour 100 de levure de bière desséchée, apportant les vitamines B_1, B_2 et B_3 [1].

Des lots de Rats de 130-160^g ont respectivement reçu ces divers régimes, avec et sans levure, à la dose de 15^g environ par animal et par jour. De l'eau distillée et du papier filtre étaient, en outre, donnés *ad libitum*.

L'avitaminose B (en l'absence de levure) s'est différemment manifestée, suivant les régimes. Les survies enregistrées furent, en effet, pour chacun d'eux :

Régime I (saccharose 72 pour 100)	20-40 jours
Régime II (lactose 72 pour 100)	10-25 jours
Régime III (lactose 38 pour 100)	3 à 5 mois
Régime IV (lactose 55 pour 100)	au delà de 6 mois

On voit que l'équilibre nutritif réalisé dans les deux derniers régimes est tel que, malgré la présence de lactose, l'avitaminose ne suffit pas à provoquer, chez les sujets en expérience, une mort rapide. Dans le cas du régime IV même, où le lactose se trouve en assez grande proportion : 55 pour 100, le besoin de vitamines B se trouve extrêmement réduit, puisque les Rats qui reçoivent ce régime montrent une survie dépassant six mois, pratiquement sans perte de poids.

Tandis que l'addition de levure au régime I (à 72 pour 100 de saccha-

(1) R. Lecoq. *Journ. of biol. Chem.*, 91, 1931, p. 671.

rose) suffisait à assurer un développement satisfaisant des sujets et même une bonne reproduction, l'addition de levure ne conférait aux Rats recevant le régime II (à 72 pour 100 de lactose) qu'une survie plus ou moins prolongée, mais sans augmentation sensible de poids. Les régimes III et IV, dûment complétés par la levure, permettaient, au contraire, des augmentations de poids relativement satisfaisantes, meilleures encore avec le régime III (à 38 pour 100 de lactose) qu'avec le régime IV (à 55 pour 100 de lactose).

Conclusions. — I. L'utilisation du lactose apparaît, aussi bien chez le Rat que chez le Pigeon, comme placée sous la dépendance stricte de certains équilibres alimentaires.

II. La rapidité de l'évolution de l'avitaminose B chez le Rat ne se montre pas en relation directe avec la proportion de lactose entrant dans le régime, mais plutôt en rapport avec les conditions d'équilibre réalisées entre les constituants de la ration.

III. Même en l'absence de vitamines B, sous la seule condition d'un équilibre particulier, l'utilisation du lactose par l'organisme du Rat peut être suffisante pour assurer une longue survie des animaux (au delà de six mois).

IV. Les vitamines B étant présentes en large proportion, les meilleures croissances des Rats correspondent, du moins dans les conditions des expériences faites, aux régimes les moins riches en lactose.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Modifications observées dans la moelle épinière dans des cas de greffe en surnombre, ou d'ablation d'une ébauche de patte postérieure chez l'embryon de l'Anoure*, Discoglossus pictus *Otth*. Note de M. **Raoul M. May**, présentée par M. E. Roux.

Braus (¹) et Dürken (²) à la suite de leurs expériences d'ablation de bourgeons de pattes chez des larves de Batraciens, Shorey (³) après celles d'ablation du bourgeon de l'aile chez l'embryon de Poulet, déduisent de leurs expériences qu'il existe des rapports entre les organes périphériques

(¹) *Morphol. Jahrb.*, 35, 1906, p. 509-590.
(²) *Zeits. f. Wiss. Zool.*, 99, 1911, p. 189-355.
(³) *Jour. Exp. Zool.*, 7, 1909, p. 25-64.

et les neuroblastes, sensitifs et moteurs. Detwiler (1) par contre, à la suite d'expériences de greffe et d'ablation d'ébauches de pattes antérieures chez l'Urodéle *Amblystoma*, n'admet que les rapports sensitifs et pense que les neuroblastes moteurs sont sous l'influence de facteurs internes du névraxe.

Mais j'ai montré (2) par des expériences de greffe de moelles embryonnaires que l'innervation de la patte postérieure joue un rôle dans le développement des neuroblastes moteurs du névraxe, aussi bien que dans celui des neuroblastes sensitifs. Les résultats actuels apportent une confirmation à ces résultats.

Chez l'embryon de *Discoglossus pictus* Otth., au stade du bourgeon caudal, l'ébauche du territoire de la patte postérieure droite a été transplantée sur le côté d'un second embryon, dans la région sous-médullaire. La patte greffée s'est développée synchroniquement avec les pattes postérieures autochtones et a contracté des rapports nerveux avec la moelle.

L'innervation de la patte greffée dépendait du lieu de son implantation et n'était pas spécifique. Dans certains cas elle était innervée par des nerfs du plexus lombo-sacré, dans d'autres par des nerfs du plexus brachial, dans d'autres par des nerfs ne faisant pas partie d'un plexus.

Dans tous les cas de surcharge nerveuse due à l'innervation d'une patte transplantée, la moelle, au niveau de l'émission des nerfs supplémentaires, était asymétrique, plus grande du côté de l'innervation, et hyperplasique dans sa partie motrice (11,7 à 33,7 pour 100).

L'augmentation de taille et l'hyperplasie médullaire du côté de l'innervation supplémentaire existaient aussi dans certains cas où la patte greffée n'était pas innervée, mais où la patte postérieure droite était dédoublée dans sa partie distale, à partir du tibia, les deux énantiomorphes distaux étant innervés.

Quand le volume total des pattes à innerver, autochtone et implantée, du côté de l'opération, est sensiblement le même que celui de la patte autochtone normale contralatérale, le moelle est symétrique, mais subit une hyperplasie locale (8 pour 100) dans sa partie motrice, du côté de la greffe, au niveau même de l'innervation de celle-ci.

L'hyperplasie motrice de la moelle due à l'émission de nerfs supplé-

(1) *Proc. Nation. Acad. Sc. U. S. A.*, 6, 1920, p. 96-101; *Jour. Comp. Neurol.*, 37, 1924, p. 1-14

(2) *Bull. Biol. France et Belg.*, 64, 1930, p. 355-387.

mentaires s'accompagne d'une augmentation pondérale motrice (7,8 à 21,8 pour 100).

Une seconde série d'opérations a consisté en ablations de l'ébauche de la patte postérieure droite, au stade du bourgeon caudal, avec greffe en cet endroit de la peau d'un second embryon, afin d'empêcher la régénération d'une patte. Dans ces cas la patte postérieure droite ne s'est pas formée, ou bien il y a eu formation d'une patte difforme et très petite. De toutes façons le plexus lombo-sacré ne s'est pas formé du côté de l'ablation.

La moelle a subi alors une réduction du côté où manquait le plexus lombo-sacré et une hypoplasie motrice (10,7 à 20,3 pour 100), concomitante avec l'absence de corne motrice de ce côté. Dans certains cas où la petite patte difforme était innervée, cette faible innervation n'empêchait pas la réduction médullaire, son hypoplasie motrice (8,6 pour 100), ni l'absence de la corne motrice du côté de l'innervation.

On voit donc que toute surcharge périphérique, due aussi bien à l'innervation d'une patte surajoutée qu'à l'innervation d'une patte dédoublée, donne lieu à une hyperplasie motrice et à une augmentation de taille de la moelle du côté affecté. D'autre part, toute diminution de l'innervation, due à l'absence totale d'un plexus ou à sa forte diminution, se répercute du côté affecté de la moelle par une hypoplasie motrice, l'absence de la corne motrice et une réduction de taille.

Ces résultats concernant les neurocytes moteurs, ajoutés à ceux observés par d'autres auteurs et par nous-même [1] dans le cas des neurocytes sensitifs, conduisent à l'énoncé des lois suivantes : 1° *Il n'y a pas de développement normal médullaire, sensitif ou moteur, sans l'action exercée par les stimulations des organes périphériques.* 2° *Dans le développement, l'égalité bilatérale des neurones sensitifs et moteurs dépend étroitement de l'égalité bilatérale de l'innervation des organes périphériques.*

---

[1] R. M. May, *La transplantation animale*, 1932, Paris, Gauthier-Villars, 352 p.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Induction de membres et territoire de régénération chez le crapaud accoucheur* (Alytes obstetricans *Laur*). Note de M. **Maurice Lecamp**, présentée par M. M. Caullery.

Les résultats des transplantations des ébauches de membres des Batraciens présentent très souvent un phénomène de dédoublement avec formation d'un second membre.

Les deux composants d'une telle formation ont entre eux des rapports qui sont régis par les « lois de symétrie » (Bateson, 1894); en langage courant, on les exprime en disant qu'un membre est l'image de l'autre dans un miroir.

La détermination de la valeur du composant secondaire est fixée par ses relations avec sa base d'implantation; si le membre primaire, par exemple, est droit, le secondaire est gauche.

Ainsi, on peut dire que l'existence de rapports de symétrie, entre deux organes, indique que l'asymétrie de l'un d'eux a été *conditionnée* par celle de l'autre.

Dans les nombreux cas décrits de formations multiples, les relations de symétrie sont quelquefois en défaut. De ce fait, le membre supplémentaire ne tient plus son asymétrie du membre primaire, mais il est conforme au côté sur lequel il s'est formé.

Un tel membre procède d'une prolifération du territoire d'implantation, déterminée par l'excitation du greffon primaire.

Ces cas entrent dans le cadre des phénomènes d'induction.

La possibilité de réaction du territoire, par induction, a été mise en évidence par Balinsky (1927), chez la larve de triton, à l'aide de transplantations d'ébauches auditives sur le flanc; le même effet a été obtenu en insérant simplement sous la peau, de la même région, des fragments de celloïdine.

La non-spécificité de l'excitant conduit à attribuer au seul territoire le pouvoir organogène.

Chez le triton adulte, Guyénot et Schotté (1926) ont extériorisé la propriété morphogène du territoire de régénération par des déviations nerveuses.

Dans une précédente expérimentation ([1]), j'ai produit, chez le crapaud

([1]) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1197.

accoucheur, des membres postérieurs supplémentaires par division longitudinale et médiane de l'ébauche en deux parties, et retournement de l'une d'elles dans le sens dorso-ventral.

Cette opération équivaut à la transplantation orthotopique dorso-ventrale d'une demi-ébauche sur une demi-base [1].

Dans la généralité des cas, le processus évolutif, après cette opération, est le suivant :

1° Une régénération, à partir du demi-territoire d'implantation, forme, avec la portion d'ébauche restée en place, un membre normal ou, le plus souvent, une formation double dont les composants sont symétriques (M_1 et M_2);

2° La portion d'ébauche transplantée fournit un membre, souvent déficient (M_3);

3° Un quatrième appendice (M_4) apparaît, qui présente les caractéristiques d'un membre induit; *a*, son asymétrie (droite ou gauche) est toujours conforme à celle du territoire sur lequel il s'est formé; *b*, il n'a pas de relation de symétrie avec la demi-ébauche transplantée (M_3) [2].

Ces deux conditions suffisent à établir la réalité du phénomène d'induction.

De plus, ces résultats peuvent, dans une limite restreinte, étendre à une larve de Batracien anoure, la notion de « Territoires de régénération » mise en évidence par Guyénot sur les Urodèles.

EMBRYOGÉNIE. — *Sur l'existence, dans la blastula des Amphibiens, d'un centre d'induction mitogénétique, ordonnateur du développement.* Note de M. **Paul Wintrebert**, présentée par M. Maurice Caullery.

Le centre initiateur d'activation mitogénétique formé chez le Discoglosse, au cours de la la phase métabolique de la segmentation, dans la

---

(1) Si la partie de bourgeon enlevée n'est pas réimplantée, une régénération de la demi-base libre régularise toujours, avec le demi-bourgeon non déplacé, un membre unique et normal.

(2) J'ai montré (*Comptes rendus*, 196, 1933, p. 432) que les ébauches totales transplantées des membres du crapaud accoucheur se dédoublaient suivant le mode de régénération proximale. Ce processus implique, entre les deux composants, des rapports constants de symétrie.

Cette constatation s'applique également au dédoublement de demi-ébauches après transplantation, pour laquelle je n'ai pas fait encore de publication.

région sus-équatoriale dorsale des macromères [1], manifeste, après les premières mitoses accélérées de ses deux rangées de cellules palissadiques, un pouvoir d'induction qui stimule l'activité des macromères sous-jacents placés à son contact. Ceux-ci, après quelques divisions, acquièrent le même pouvoir inducteur sur les cellules situées au-dessous et à côté d'elles, et ces dernières suscitent à leur tour les mitoses des blastomères voisins. Ainsi commence, à l'équateur de la jeune blastula, sur son quart dorsal environ et se propage ensuite vers la région présumée du blastopore, une vague d'activation induite qui, par le jeu d'un métabolisme cellulaire synchrone à l'activité mitotique, développe, à l'intérieur des cellules activées, une onde d'incitation inductrice.

L'observation d'œufs peu pigmentés permet seule de suivre de bout en bout l'évolution lointaine du champ d'induction. L'enchaînement des divisions superficielles et les changements de pigmentation ont été enregistrés à chaque étape sur les différentes faces de l'œuf et le repérage coloré a rendu possible de distinguer, dans la prolifération d'un territoire donné, la part dérivée de son extension propre et celle qui revient à l'induction reçue; celle-ci traverse, en effet, le domaine coloré sans presque modifier sa forme et se propage aux régions incolores voisines dont les divisions s'accélèrent. L'induction empêche l'épibolie.

Le champ d'induction s'étend directement vers le bas dans le plan de symétrie, obliquement en bas et vers le ventre sur les faces latérales. Son expansion est soulignée par la formation de pigment dans les petites cellules inductrices. Il prend ainsi l'aspect d'un *voile gris* unicolore, homogène, qui descend peu à peu sur l'hémisphère végétatif et tranche par sa teinte sur la couleur claire des blastomères vitellins. Au-dessous du voile gris, se trouve la *zone d'activation*, zone étroite, où le volume des blastomères augmente graduellement vers le bas. Le champ d'induction est d'une seule venue; on n'y rencontre jamais d'îlots germinatifs isolés, d'avancées qui ne soient en liaison transitionnelle avec la zone marginale induite. L'étroitesse et la régularité de celle-ci prouve à la fois la puissance du pouvoir inducteur, le sens constant de sa propagation et la limitation de son effet à très courte distance.

Le champ d'induction mitogénétique diffère du croissant gris, avec lequel il a été jusqu'ici confondu (Brachet) : *a*, par le moment tardif de son appa-

---

(1) WINTREBERT, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 908.

rition, sur la jeune blastula et non sur l'œuf indivis; *b*, par la fixité de son point de départ, qui tient à la constitution même de l'œuf, stabilisée par la segmentation et ne dépend aucunement d'une figuration pigmentaire, de position aléatoire, de présence inconstante suivant le dépôt de pigment et l'intensité des courants de régulation; *c*, par l'effet de coloration grise qu'il suscite dans des territoires clairs activés et proliférants, à l'opposé du croissant gris formé par l'éclaircissement de territoires foncés; *d*, par l'augmentation progressive de sa surface et l'étendue considérable de son expansion autour du blastopore; *e*, par la forme changeante du voile gris, qui prend successivement l'aspect d'un écusson, d'un fer à cheval, d'une bague; *f*, par le sens de cette expansion, effectuée de haut en bas, à l'opposé de la formation du croissant gris; *g*, par la durée des processus d'induction qui se prolongent au delà de la blastula, jusqu'au temps de la lèvre ventrale et celui de la ligne primitive dorsale. La zone du croissant gris est toujours couverte par le champ d'induction; mais sa partie moyenne coïncide rarement (*Discoglossus*) avec le centre initiateur des proliférations ordonnées; ainsi, chez *Rana fusca*, elle est nettement placée au-dessous de l'équateur et correspond à une région induite par ce centre.

Au début de la gastrula, le champ d'induction figure un éventail dorsal, déployé sur un peu plus d'un tiers de cercle, dont le bord inférieur, tangent en son milieu au trait foncé de la lèvre dorsale, se relève symétriquement sur les côtés. Au cours de la gastrulation, ses ailes descendent, s'allongent en contournant les faces latérales et joignent leurs extrémités au-dessus de la lèvre ventrale présumée. La région équatoriale ventrale (écusson noir) est, au début de la gastrula, le siège d'une prolifération propre, abondante, extensive, indépendante de toute activation induite, qui pousse le bouchon vitellin sous la lèvre dorsale, abaisse du même coup la zone ventrale grise, où se poursuit amoindrie la vague d'induction, et pénètre cette zone de prolongements pigmentés. Les lèvres du blastopore se contractent et s'enroulent quand le champ d'induction parvient à leur niveau; le moment et l'ordre de leur formation dépendent donc du lieu d'origine, du sens et de la vitesse de propagation de l'induction blastuléenne.

L'impulsion inductrice est sans effet sur les micromères. Sa propagation aux seuls macromères suggère l'idée de la présence en eux d'une *substance réceptrice*, sensible à cette impulsion, qui, par ses transformations, les active et suscite en eux l'avènement du pouvoir inducteur.

TÉRATOGÉNIE. — *Nouvelle méthode tératogène directe permettant d'obtenir des monstres à l'aide de lésions électrolytiques.* Note [1] de M. **Étienne Wolff**, présentée par M. Maurice Caullery.

Ancel et Wolff ont fait connaître [2] une méthode d'irradiation localisée, permettant d'obtenir des monstruosités déterminées, au gré de l'expérimentateur. J'ai montré en particulier qu'on pouvait obtenir des omphalocéphales en irradiant le territoire médian antérieur à la ligne primitive d'un blastoderme de poulet de 12 à 15 heures. Peu après ce stade, on ne réussit plus à produire d'omphalocéphales par cette méthode. Je me suis demandé si un autre facteur tératogène localisé à cette région produirait la même malformation. J'utilise une technique voisine de celle des marques électrolytiques employée par Kopsch (1927) à d'autres fins.

Je place une fine électrode métallique (dans le cas particulier la cathode) au contact de la membrane vitelline, dans la région située entre le nœud de Hensen et la limite antérieure de l'écusson embryonnaire. L'anode plongeant dans le blanc d'œuf, on ferme le circuit : il se produit, au voisinage de la cathode, une escarre électrolytique qui s'accroît à la ronde. On peut en limiter l'extension en maintenant le contact pendant un temps très court (quelques secondes, pour un courant produit par un générateur de f. e. m. 3 volts). Dans *tous* les cas où la durée du passage du courant n'avait pas excédé 3 à 4 secondes, j'ai obtenu des omphalocéphales à partir d'embryons âgés de 12 à 19 heures (c'est-à-dire jusqu'au stade immédiatement antérieur à la formation des replis limitants antérieurs). Mais il faut distinguer ici entre deux catégories d'omphalocéphales : alors que la méthode d'irradiation localisée ne m'a donné jusqu'à présent que des omphalocéphales à cœur unique, la majorité des monstres produits par cette nouvelle méthode ont le cœur double. Toutefois on obtient de préférence des omphalocéphales monocardes en intervenant avant la 15e heure, et une grande majorité de diplocardes en intervenant après la 15e heure. De plus, les monstres opérés à ces différents stades ne sont pas rigoureusement équivalents du point de vue de la malformation principale : ils sont « plus ou moins » omphalocéphales, c'est-à-dire que le segment de la tête

---

(1) Séance du 13 février 1933.

(2) *C. R. Soc. Biol.*, séance du 10 février 1933 de la Soc. Biol. de Strasbourg.

qui s'invagine est d'autant plus grand et porte sur une partie d'autant plus considérable de l'encéphale que l'intervention a été plus précoce. On obtient ainsi toute une gamme d'intermédiaires entre les omphalocéphales typiques et le cas normal.

Lorsque la lésion a pu être localisée à une région située à une certaine distance en avant du prolongement céphalique, mais encore intérieure à l'écusson embryonnaire, on obtient des embryons *non omphalocéphales* à cœur double. Lorsqu'une lésion de même situation que la précédente empiète légèrement sur le prolongement céphalique, on obtient encore des diplocardes non omphalocéphales, mais à tête plus ou moins lésée. Si on laisse passer le courant pendant plus longtemps (5 à 10 secondes, par exemple), l'escarre s'étend à un territoire plus vaste, la lésion elle-même est beaucoup plus grave. On obtient alors des blessures considérables, de véritables amputations, telles que la destruction plus ou moins complète de la tête; mais le cœur est encore dédoublé : ses deux moitiés restent alors très latérales. On peut aussi provoquer la séparation du tronc en deux moitiés évoluant chacune pour son compte et comportant une demi-chorde, un demi-tube nerveux et une rangée de somites.

Une comparaison s'impose entre les résultats qui viennent d'être exposés et ceux de la méthode d'irradiation localisée, mise au point par Ancel et Wolff. La méthode présente, correctement appliquée, donne près de 100 pour 100 de succès, ce qui représente un résultat inédit. Elle a de plus l'avantage d'une grande souplesse. Mais la localisation de la lésion électrolytique est moins précise que cèlle des irradiations; le dosage de l'action lésante étant plus difficile, les lésions sont en général plus brutales et plus étendues : il en résulte que les monstres issus de cette méthode sont le plus souvent moins viables et d'un type moins pur que ceux que j'ai obtenus par des irradiations localisées.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La silice dans l'organisme et les particules siliceuses du sang*. Note de MM. **L. Lematte** et **E. Kahane**, présentée par M. A. Desgrez.

Nous avons décrit une technique de dosage de la silice dans les substances végétales comportant la destruction nitro-perchlorique de la matière organique, puis l'insolubilisation de la silice par simple ébullition au sein

de l'excès d'acide perchlorique (¹). Ce dosage a-t-il encore une signification, lorsqu'il aboutit à la pesée de quelques milligrammes, voire de quelques dixièmes de milligramme de silice? L'influence des causes d'erreur par entraînement, solubilité, etc., celle des impuretés ne deviennent-elles pas alors prépondérantes? En collaboration avec Mme M. Kahane, l'un de nous a recherché dans quelle mesure notre technique est encore applicable à l'étude des tissus animaux qui renferment peu de silice.

Grâce aux précisions ainsi apportées, et en employant de l'acide perchlorique additionné de 1 pour 100 d'acide borique, il a été possible de retrouver, à 1 ou 2 dixièmes de milligramme près, même en présence de fluorures, des quantités de silice de l'ordre du milligramme introduites sous la forme d'un silicate soluble dans un mélange de substances organiques reconnues exemptes de silice. Pour des quantités plus faibles, où nous n'avons pas effectué de dosage, nous avons pu observer la formation de flocons de silice jusqu'au voisinage du dixième de milligramme. Lorsqu'il s'agit d'un élément aussi peu abondant que le silicium des tissus animaux, les indications qualitatives elles-mêmes présentent, croyons-nous, un certain intérêt.

L'application de notre méthode à de nombreux tissus animaux a donné des résultats assez variables, et qui ne sont généralement pas en accord avec les données de la littérature. C'est d'une façon assez exceptionnelle et inconstante que nous avons vu apparaître des flocons de silice, et cela, en quantité beaucoup plus faible que ne le faisaient prévoir les résultats obtenus par divers auteurs employant les méthodes classiques.

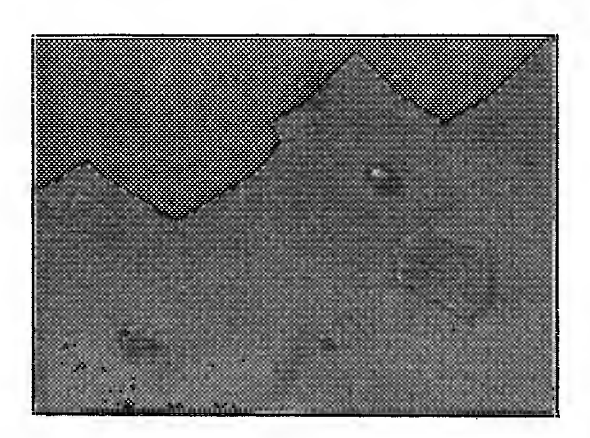
Par destruction de poumon, organe dont la teneur élevée en silice est bien connue, nous n'avons pas observé la formation de silice gélatineuse ou en flocons, provenant de ce que nous proposons d'appeler « silice de constitution ». Il est vrai que cette observation est gênée par la présence d'un dépôt sablonneux, constitué par le squelette siliceux des poussières respiratoires dont l'existence dans le poumon a été signalée depuis longtemps, et dont l'évolution commence à être connue grâce, en particulier, aux beaux travaux de Policard.

Ainsi, après attaque nitro-perchlorique, la silice soluble ou solubilisable que nous appelons « silice de constitution », et la silice des particules miné-

(¹) L. Lematte, G. Boinot et E. Kahane, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 10, 1928, p. 867; L. Lematte, G. Boinot, E. Kahane et Mme M. Kahane, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1459; *Bull. Soc. Chim. biol.*, 13, 1931, p. 668.

rales compactes, pratiquement inattaquables, peuvent être qualitativement distinguées d'après leur simple aspect macroscopique ou microscopiques [1]. Elles peuvent également être distinguées chimiquement par action de l'acide fluorhydrique.

Notre attention a été attirée par la fibrine, qui donne lieu après destruction à un dépôt de silicates atteignant 4^{mg} par gramme pour certains échantillons industriels. Nous avons préparé nous-mêmes de la fibrine, par battage à la main de sang de bœuf, de porc, de cheval, prélevé dans des conditions de propreté irréprochables et nous avons trouvé une teneur en



silicates comprise entre $0^{mg},3$ et $0^{mg},7$ par gramme de substance sèche. Ces particules proviennent nécessairement du sang. Elles sont susceptibles de sédimentation, car la fibrine préparée à partir de plasma oxalaté de cheval est exempte de toutes traces de silicates.

En appliquant notre méthode au sang de bœuf, de porc, de cheval, de chien, ainsi qu'au sang humain, nous avons trouvé, d'une façon inconstante, de petites quantités de silice gélatineuse : 0 à 1^{mg} pour 100^{g}; comme pour les organes, ces chiffres sont beaucoup plus faibles que ceux des auteurs récents 11-27^{mg} (Krant, 1931).

Indépendamment de cette « silice de constitution », nous avons régulièrement observé un très faible dépôt, aisément séparable par décantation, trop peu abondant pour être pesé et que nous avons examiné au micro-

[1] Policard a utilisé l'action de l'acide perchlorique sur une coupe histologique pour localiser les éléments anatomiques contenant des particules siliceuses (*Bull. Hist. appl.*, 7, 1930, p. 122).

scope (*fig.*, G = 480). Il est constitué par les mêmes particules qui résultent de la destruction de la fibrine, *et ces particules sont analogues à celles qui ont été étudiées dans le poumon par Policard*. Il est donc vraisemblable qu'une partie, au moins, de la silice circulante est d'origine respiratoire et qu'elle est constituée par des poussières siliceuses peu attaquables.

PROTOZOOLOGIE. — *Les génératrices de l'hélice primaire du corps des spirochètes polyspirés*. Note de M. G. DELAMARE, présentée par M. H. Vincent.

Le tracé des génératrices de l'hélice primaire du corps des spirochètes polyspirés [1] donne des *droites* et, plus souvent, des *courbes* qui, d'ailleurs, dégénèrent volontiers en droites. Ces droites et ces courbes ne sont *parallèles* que dans 50 pour 100 des cas de la présente série.

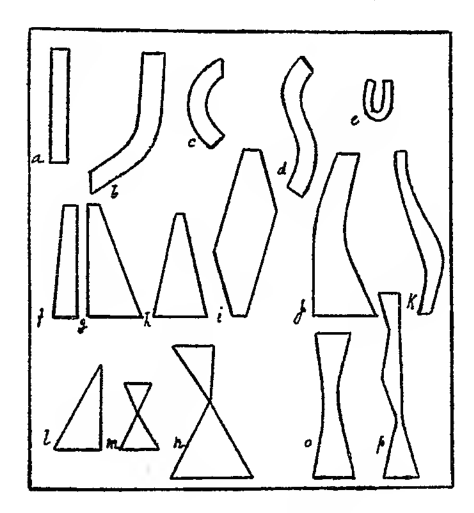
De la rencontre des génératrices parallèles avec les perpendiculaires sectionnant les extrémités, résultent des rectangles (*a*) et, surtout, des *quadrilatères curvilignes* (*b*, *c*, *d*, *e*), sur lesquels apparaissent, avec une singulière netteté, les courbures secondaires en virgule, c, s, fer à cheval, etc.

Les génératrices rectilignes, non parallèles, participent, lorsqu'elles n'arrivent pas à se joindre, à la formation de *trapèzes* (*f*, *g*, *h*) ou d'*hexagones* (*i*). Dans l'éventualité contraire, le siège, excentrique ou central, de leur croisement détermine la constitution de un ou deux *triangles* (*l*, *m*, *n*). Les génératrices curvilignes, non parallèles, donnent naissance, suivant les modalités assez variables de leur convergence, à des figures en *manche à*

(1) Nos graphiques ont été effectués à la règle ou à main levée, suivant qu'il s'agissait de droites ou de courbes, mais toujours par points séparés et après repérage des saillants, sur des éléments en position verticale ou aussi voisine que possible de celle-ci, et dont les extrémités sont coupées par deux perpendiculaires à l'axe du corps. Les 330 spirochètes utilisés à cet effet appartiennent aux genres et aux espèces les plus divers. Ils ont pour caractères communs : 1° de posséder au moins deux spires; 2° d'être pourvus d'une hélice projetée sous forme de sinusoïde typique ou atypique, mais exempte de détorsions; 3° d'être assez agrandis pour laisser, entre leurs génératrices, des intervalles d'au moins 1^{mm}. Les différences d'un ordre inférieur à celui du demi-millimètre ne sont pas perceptibles avec certitude. Les résultats sont constants et comparables si l'on a soin de prendre des points de repère identiques et de les réunir par des lignes aussi courtes que possible.

air (*p*), *corne d'abondance*, *croissant*, *entonnoir*, *sablier* (*o*). La superposition, en série verticale ou oblique, de plusieurs entonnoirs n'a rien d'inouï (*s*) et, chez les éléments très longs, médiocrement agrandis, la succession des dilatations et des rétrécissements donne assez souvent l'impression d'un état moniliforme.

Les figures ainsi obtenues se répartissent en trois séries, dans chacune



desquelles il est aisé d'apercevoir la corrélation des images en traits recti- ou curvilignes. A un examen plus approfondi on discerne l'existence de types élémentaires et fondamentaux, secondaires, mixtes. Les types élémentaires, au nombre de 2, résultent de la projection, sur un plan, d'un *cylindre* et d'un *cône*. Les types secondaires, plus nombreux, apparaissent comme la conséquence de la rectitude ou de l'incurvation des figures, de la section contingente des cônes, de la répétition, chez le même individu, des mêmes formes et de la diversité de leurs points de contact (troncs de cône à base commune, cônes à sommets contigus). Les types mixtes se révèlent comme l'effet de l'élargissement en tronc de cône d'un cylindre ou, au contraire, de son effilement en cône et, subsidiairement, de la présence de courbes dégénérant en droites. Compte tenu de la possibilité de représenter certaines courbes par des lignes brisées, l'existence d'une variété facultativement curviligne n'est pas inadmissible. D'un autre point de vue, il est plus intéressant de noter que si la rencontre de deux cylindres inégaux engendre parfois, comme l'accolement par leurs bases de deux cours

allongés (K), des poches *fusi* ou sacciformes, grossièrement assimilables à des *ellipsoïdes* on n'a pas jusqu'ici rencontré de poches *sphériques*.

En résumé, tout semble se passer comme si les hélices considérées, au lieu de s'enrouler toujours sur un cylindre unique, régulier et généralement incurvé, s'enroulaient aussi souvent autour : *a*, d'une série de cylindres juxtaposés en dépit de l'inégalité de leurs diamètres et de leurs longueurs; *b*, de cylindres se terminant en troncs de cônes; *c*, d'un ou plusieurs cônes entiers ou tronqués, droits ou obliques, égaux ou inégaux (¹).

M. **Simionesco** adresse une Note sur *Le bacille de Koch de la Tortue de mer*.

La séance est levée à 15ʰ45ᵐ.

E. P.

(¹) Il y aura lieu d'examiner dans quelles mesures ces conclusions sont susceptibles d'être confirmées par l'examen direct des courbes. Bornons-nous à spécifier qu'en dehors de son évidente utilité pour la détermination du diamètre des cercles de base et pour celle des axes, le tracé des génératrices laisse entrevoir la possibilité d'une étude méthodique des irrégularités ou, plus exactement, des variations de l'hélice des Spirochétidés.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 FÉVRIER 1933.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES RICHET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce le décès de M. **Johannes Schmidt**, Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie.

Notice nécrologique sur Johannes Schmidt, par M. **L. Joubin**.

L'Académie vient de perdre en la personne du professeur Johannes Schmidt, de Copenhague, décédé le 21 février, un de ses correspondants de la Section de Zoologie. Il n'avait que 56 ans.

Le Dr Schmidt débuta par des recherches de bactériologie; puis il fut chargé d'une mission botanique au Siam, d'où il rapporta la première flore de ce pays. Au cours d'un voyage dans la mer Rouge il étudia les Algues pélagiques microscopiques; ce fut l'origine de ses mémorables travaux sur le plancton.

Chargé de la direction de l'Institut Carlsberg, que l'on peut comparer à notre Institut Pasteur, il entreprit, pendant plus de 20 ans des travaux de zoologie pure et appliquée sur la biologie de divers Poissons, notamment la Morue et le Flétan en Islande et aux îles Féroé. Le navire océanographique, le *Thor*, exécuta, sous sa direction, neuf croisières aux Antilles Danoises, dans les mers d'Europe et en Méditerranée.

Le *Thor* fut remplacé par un navire plus grand, le *Dana*, sur lequel Schmidt fit de 1920 à 1922 une croisière mémorable dans l'Atlantique, au cours de laquelle il élucida le problème séculaire du développement, des métamorphoses et des migrations mystérieuses de l'Anguille. Il en rapporta

des matériaux de toutes sortes qui ont fait l'objet de publications nombreuses par lui-même et ses collaborateurs.

Le premier *Dana* fut remplacé en 1928 par un navire plus grand, du même nom, aménagé sur les plans de Schmidt, et, pendant les années 1928 à 1930, il le conduisit autour du monde, faisant, notamment au voisinage de nos colonies, d'innombrables crochets dans tous les Océans. Il a constaté que les diverses espèces d'Anguilles qui s'y trouvent se comportent, avec les variantes les plus curieuses, comme celle d'Europe. Schmidt a rapporté de ce voyage une incroyable quantité de matériaux du plus haut intérêt qui commencent seulement à être étudiés par un grand nombre de spécialistes. Jamais, en aucun pays, croisières n'ont réuni une pareille accumulation de documents.

Entre temps, pendant de longues années, Schmidt a étudié expérimentalement les races du Houblon et il a ainsi transformé la brasserie au Danemark.

Les découvertes et la réputation mondiale du professeur J. Schmidt lui avaient ouvert les portes de diverses Académies et Sociétés savantes. Il faisait partie de nombreuses Commissions scientifiques internationales; il était vice-président du Conseil international pour l'exploration de la mer. Sa disparition prématurée sera vivement ressentie dans le monde savant. Nous ne pouvons pas oublier qu'il fut, dans les bons, et surtout dans les mauvais jours, un grand ami de la France et des naturalistes français.

L'Académie présente à Mme Schmidt et à l'Académie des Sciences de Danemark l'expression de ses regrets et ses condoléances.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les espaces de Finsler.*
Note de M. **Élie Cartan.**

1. L'idée de généraliser la géométrie euclidienne en substituant à l'expression ordinaire de la distance de deux points infiniment voisins l'expression plus générale

$$(1) \qquad ds = \mathcal{L}(x^1, \ldots, x^n; dx^1, \ldots, dx^n),$$

où $\mathcal{L}$ est homogène et de degré 1 par rapport aux dx^i, remonte à Riemann lui-même. P. Finsler dans sa Thèse [1], a étendu à ce cas général un grand nombre de notions et de théorèmes de la géométrie ordinaire. Certains

[1] *Ueber Kurven und Flächen in allgemeinen Räumen* (*Diss. Göttingen*, 1918).

auteurs, soit antérieurement soit postérieurement à la Thèse de P. Finsler, ont essayé de généraliser la notion de transport parallèle. Les recherches les plus complètes dans cette direction sont dues à L. Berwald ([1]). Mais, comme le transport parallèle utilisé par L. Berwald, et qui remonte à E. Noether ([2]), *ne conserve pas la longueur des vecteurs*, la nature métrique de l'espace est profondément altérée, les méthodes de la géométrie différentielle euclidienne cessent d'y conserver leur validité, et la théorie ne peut s'intégrer que très difficilement les résultats obtenus par P. Finsler. Elle ne semble donc pas conforme à la nature des choses.

2. Le point de vue auquel il convient de se placer est, à mon avis, le suivant. On cherche à associer d'une manière *intrinsèque* à l'expression (1) un espace à *connexion euclidienne*, dont les propriétés géométriques contiendront ainsi en elles-mêmes *tous les invariants de* $\mathfrak{L}$ relatifs au groupe infini des transformations ponctuelles. Comme la distance (1) d'un point donné à un point infiniment voisin n'a pas la même forme qu'en géométrie euclidienne, ce n'est pas le *point*, mais *l'élément linéaire*, formé d'un point (x^i) et d'une direction $(\dot{x}^i)$ issue de ce point, qui constituera l'élément générateur de l'espace.

La connexion euclidienne de l'espace sera alors définie :

1° *Par la métrique* g_{ij} *au voisinage d'un élément* $(x, \dot{x})$ *donné;*

2° *Par les composantes du transport parallèle*, la différentielle absolue DX^i d'un vecteur variable X^i étant de la forme

$$DX^i = dX^i + X^k (C^i_{kh}\, d\dot{x}^h + \Gamma^i_{kh}\, dx^h), \tag{2}$$

lorsque *l'élément d'appui* $(x, \dot{x})$ de ce vecteur subit une variation infinitésimale *quelconque* $(dx^i, d\dot{x}^i)$.

Pour que l'espace soit à connexion euclidienne, il faut et il suffit que le transport parallèle conserve les longueurs, ce qui se traduit par

$$dg_{ij} = (C_{ijk} + C_{jik})\, d\dot{x}^k + (\Gamma_{ijk} + \Gamma_{jik})\, dx^k. \tag{3}$$

3. Cela posé, les conventions de nature intrinsèque qui permettent d'associer à l'expression (1) une connexion euclidienne bien déterminée sont les suivantes :

A. *Le vecteur de composantes* $\dot{x}^i$ *porté dans la direction de l'élément* $(x, \dot{x})$ *a pour longueur* $\mathfrak{L}(x, \dot{x})$.

([1]) Voir en particulier les *Atti* du Congrès de Bologne (4, 1928, p. 263-270).

([2]) *Invarianten beliebiger Differentialausdrücke* (*Gött. Nach.*, 1918, p. 37-44.)

B. *Tout vecteur dont la direction δx^i est transversale à l'élément $(x, \dot{x})$ est perpendiculaire à cet élément.*

C. *Soit $\overline{\mathrm{D}}\vec{\mathrm{X}}$ la différentielle absolue d'un vecteur $\vec{\mathrm{X}}$ dont l'élément d'appui subit une rotation infinitésimale autour de son centre (x) et dont les composantes X^i restent fixes. On a, $\vec{\mathrm{X}}$ et $\vec{\mathrm{Y}}$ étant deux vecteurs quelconques de même élément d'appui, la loi de symétrie $\vec{\mathrm{X}}.\overline{\mathrm{D}}\vec{\mathrm{Y}} = \vec{\mathrm{Y}}.\overline{\mathrm{D}}\vec{\mathrm{X}}$.*

D. *Si $\vec{\mathrm{X}}$ est porté dans la direction de son élément d'appui, $\overline{\mathrm{D}}\vec{\mathrm{X}} = 0$.*

E. *Les composantes Γ^{*j}_{ik} du transport parallèle d'un vecteur* QUAND SON ÉLÉMENT D'APPUI EST TRANSPORTÉ PARALLÈLEMENT A LUI-MÊME *satisfont à la condition de symétrie $\Gamma^{*j}_{ik} = \Gamma^{*j}_{ki}$.*

D'après A et B, les composantes contrevariantes et covariantes du vecteur unitaire porté dans la direction de l'élément $(x, \dot{x})$ sont

$$(4) \qquad l^i = \frac{\dot{x}^i}{\mathcal{L}}, \qquad l_i = \mathcal{L}_{;i} \quad (^1).$$

D'après C et D, on a, en posant $\mathcal{F} = 1/2\,\mathcal{L}^2$,

$$(5) \qquad g_{ij} = \mathcal{F}_{;i;j}, \qquad \mathrm{C}_{ijk} = \frac{1}{2}\,\mathcal{F}_{;i;j;k}.$$

On peut alors calculer les composantes $\overline{\varpi}^i$ de la différentielle absolue du vecteur unitaire l^i quand l'élément $(x, \dot{x})$ tourne autour de son centre (x),

$$(6) \qquad \overline{\varpi}^i = dl^i = d\frac{\dot{x}^i}{\mathcal{L}} \qquad \text{et} \qquad \overline{\varpi}_i = dl_i = d\mathcal{L}_{;i}.$$

On en déduit immédiatement le carré $d\varphi^2$ de l'angle de deux éléments infiniment voisins de même centre

$$(7) \qquad d\varphi^2 = \overline{\varpi}^i\,\overline{\varpi}_i = \frac{1}{\mathcal{L}}\,\mathcal{L}_{;i;j}\,d\dot{x}^i\,d\dot{x}^j;$$

la *métrique angulaire* ainsi obtenue a été indiquée pour $n = 2$ par G. Landsberg (2).

Enfin, la convention E donne, en posant

$$(8) \qquad \mathrm{G}_i = \frac{1}{2}(\mathcal{F}_{;i,k}\,\dot{x}^k - \mathcal{F}_{,i}),$$

---

(1) Nous désignons pour abréger par $\mathrm{F}_{,i}$ la dérivée $\partial \mathrm{F}/\partial x^i$ et par $\mathrm{F}_{;i}$ la dérivée $\partial \mathrm{F}/\partial \dot{x}^i$.

(2) *Jahresb. der d. Math. Ver.*, **16**, 1907, p. 547-557.

les composantes Γ^i_{kh} par les formules

$$(9) \qquad \Gamma_{jik} = \frac{1}{2}(g_{ij,k} + g_{ik,j} - g_{jk,i}) + C_{jkm} G^m_{;i} - C_{ikm} G^m_{;j}.$$

On en déduit, pour la différentielle absolue ϖ^i du vecteur unitaire l^i, lorsque l'élément $(x, \dot{x})$ varie d'une manière quelconque,

$$(10) \qquad \varpi^i = dl^i + \frac{1}{\mathfrak{L}} G^i_{;k}\, dx^k,$$

d'où l'on tire

$$(11) \quad \Gamma^*_{jik} = \Gamma_{jik} - C_{ijm} G^m_{;k} = \frac{1}{2}(g_{ij,k} + g_{ik,j} - g_{jk,i}) + C_{jkm} G^m_{;i} - C_{ijm} G^m_{;k} - C_{ikm} G^m_{;j}.$$

On remarquera que ces quantités ne font intervenir que les dérivées *troisièmes* de $\mathfrak{L}$, la dérivation étant prise une fois au plus par rapport aux x^i (¹).

Les extrémales de l'intégrale $\int \mathfrak{L}(x; dx)$ sont les courbes qui annulent les ϖ^i.

4. Le vecteur l^i et les g_{ij} constituent les deux tenseurs les plus simples de l'espace. De tout tenseur, par exemple T_{ij}, dont les composantes sont nécessairement homogènes et de degré zéro par rapport aux $\dot{x}^i$, on déduit de nouveaux tenseurs par les opérations suivantes :

1° Les produits contractés $l^m T_{mj}$ et $l^m T_{im}$ donnent les nouveaux tenseurs T_{0j} et T_{i0}.

2° Les quantités $\mathfrak{L} T_{ij;k}$ donnent encore un nouveau tenseur. En particulier on obtient en partant du tenseur $1/2\, g_{ij}$ le tenseur symétrique

$$(12) \qquad A_{ijk} = \frac{1}{2} \mathfrak{L}\, g_{ij;k} = \mathfrak{L} C_{ijk}.$$

3° Il existe une *dérivation covariante* définie par

$$(13) \qquad T_{ij|k} = T_{ij,k} - T_{ij;m} G^m_{;k} - T_{im} \Gamma^{*\,m}_{jk} - T_{mj} \Gamma^{*\,m}_{ik};$$

en particulier les tenseurs $l_{i|j}$ et $g_{ij|k}$ sont nuls (théorème de Ricci) (²).

5. La *courbure* et la *torsion* de l'espace traduisent les déplacements

---

(¹) Les composantes analogues de L. Berwald, qui sont les quantités $g_{im} G^m_{;j;k}$, font au contraire intervenir les dérivées du *quatrième* ordre.

(²) La théorie de L. Berwald comporte aussi une dérivation covariante. Le tenseur $g_{ij|k}$ de L. Berwald n'est autre que notre tenseur $-2A_{ijk|0}$; de plus la différence entre le Γ_{ijk} de L. Berwald et notre Γ^*_{ik} est égale à $A_{ijk|0}$.

associés aux différents cycles infinitésimaux *d'éléments*. Ces cycles peuvent se ramener à trois catégories. Ils donnent naissance à un *tenseur de torsion* qui n'est autre que A_{ijk}, et à trois *tenseurs de courbure*.

Le premier S_{ijkh}, donné par

$$S_{ijkh} = A^{m}_{ih} A_{jkm} - A^{m}_{ik} A_{jhm}, \tag{14}$$

n'intéresse que la métrique angulaire en un point; il s'annule quand cette métrique est de courbure 1.

Le second est donné par

$$P^{j}_{ihk} = \mathcal{L}\Gamma^{*j}_{ih;k} - A^{j}_{ik|h} + A^{j}_{im} A^{m}_{kh|0}. \tag{15}$$

Enfin le dernier, antisymétrique par rapport à ses deux premiers et à ses deux derniers indices, est donné par (¹)

$$\begin{aligned} R_{ijkh} = {} & \Gamma^{*}_{ijk,h} - \Gamma^{*}_{ijh,k} - (\Gamma^{*}_{ijk;m} G^{m}_{;h} - \Gamma^{*}_{ijh;m} G^{m}_{;k}) + \Gamma^{*}_{imh} \Gamma^{*m}_{jk} - \Gamma^{*}_{jmh} \Gamma^{*m}_{ik} \\ & + C_{ijm}(G^{m}_{;k,h} - G^{m}_{;h,k} - G^{m}_{;k;r} G^{r}_{;h} + G^{m}_{;h;r} G^{r}_{;k}). \end{aligned} \tag{16}$$

THERMOÉLECTRICITÉ. — *Sur la construction des piles thermoélectriques.* Note de M. **A. Cotton**.

Dans la séance du 30 janvier dernier, j'ai présenté une Note de M. A. Égal sur de nouveaux modes de réalisation des piles thermoélectriques (voir ce volume, p. 332). J'ai appris depuis que le modèle sans soudures représenté par l'une des figures, la figure 5, n'est pas nouveau. Dans un brevet datant de 1925 (nº 597221), M. Jean Gabreau avait décrit une pile thermoélectrique sans soudures, comprenant un fil continu sur lequel on a fait à des places convenables un dépôt d'un autre métal. Cette pile avait été présentée à la Société d'Encouragement à l'Industrie nationale le 14 mai 1927 (voir le *Bulletin* de cette Société, janvier 1932, p. 60).

Mais en réalité, ce procédé de fabrication de piles sans soudures avait déjà été décrit et étudié dès 1920 en Angleterre par W. H. Wilson et Mlle T. D. Eps (*Proc. Physical Society*, London, 32, 1920, p. 326-339).

Tout récemment H. Kernstein et R. Schaffert (*Rev. of Sc. Instruments*, 3, 1932, p. 189) ont décrit une pile sans soudures où les dérivations sont supprimées. Sur une cathode d'acier poli inoxydable, ils font deux dépôts électrolytiques successifs empiétant légèrement l'un sur l'autre. Ces dépôts

(¹) A rapprocher du tenseur Kijkl de L. Berwald.

sont ensuite détachés de la cathode. Si cette cathode est une tige ronde, et si chacune des lignes suivant lesquelles les deux métaux se recouvrent correspond à une génératrice du cylindre, il suffit de découper la pellicule déposée galvaniquement suivant une hélice avant de la détacher pour obtenir un ruban continu comprenant des parties, en nombre aussi élevé que l'on veut, formées alternativement de l'un et l'autre métal.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Extension du pouvoir immunisant des virus exanthématiques par association de deux virus d'origine différente.* (*Virus typhiques contre Virus de la Fièvre pourprée.*) Note de MM. **Charles Nicolle** et **J. Laigret**.

Dans une Note récente ([1]), M. Pierre Lépine, examinant les conditions qui déterminent l'immunité conférée par l'atteinte de typhus expérimental, remarque que « une inoculation d'épreuve, pratiquée sur un animal récemment immunisé, non suivie de réaction, renforce considérablement et pour une période prolongée l'état d'immunité de cet animal vis-à-vis de toutes les souches de typhus exanthématique, quelle que soit leur origine ».

C'est un fait d'ordre général. Nous l'avons observé souvent au cours de nos recherches sur les typhus. La répétition des inoculations virulentes, espacées ou rapprochées, effectives ou non, renforce l'immunité vis-à-vis du virus employé et même vis-à-vis des virus voisins, quand ceux-ci ont, avec le premier, des antigènes préventifs communs, ce qui est le cas de tous les virus typhiques.

Nous apportons ici des observations qui montrent que ce renforcement peut s'étendre, en ce qui concerne les fièvres exanthématiques, à des virus, différant les uns des autres par leurs antigènes préventifs.

Les virus typhiques, aussi bien le virus historique (épidémique) que les virus murins, sont dépourvus de propriétés immunisantes vis-à-vis du virus de la Fièvre pourprée des Montagnes rocheuses.

Dans une série d'expériences qui sera publiée ultérieurement ([2]), nous

---

([1]) *C. R. Soc. de Biologie*, **111**, 17 déc. 1932, p. 933.

([2]) Une autre série d'expériences que nous publierons en même temps montre, d'autre part, que le virus de la fièvre pourprée n'immunise pas vis-a-vis des virus des divers typhus.

avons remarqué que, sur un total de 22 cobayes, inoculés avec les virus typhiques historiques (12) ou murins (10), puis éprouvés avec le virus de la Fièvre pourprée, tous ont contracté une infection typique et mortelle (sauf une), à l'exception d'un seul qui n'a pas réagi à deux inoculations successives du virus pourpré, virulentes et mortelles pour les cobayes témoins. Il est impossible de savoir si cette résistance anormale est le fait de l'inoculation virulente antérieure ou si elle reconnaît comme cause la résistance individuelle du cobaye; des cas pareils s'étant rencontrés, quoique très rarement, sur des cobayes neufs, alors que leurs congénères s'infectent presque tous et succombent d'ordinaire à l'inoculation.

En admettant même que, dans le cas rapporté, l'inoculation du virus typhique (tunisien) ait été la cause de la résistance au second virus, il ne peut s'agir que d'un fait exceptionnel.

Or, sur trois singes, ayant reçu à deux reprises des virus typhiques différents, puis éprouvés par l'inoculation du virus de la Fièvre pourprée, nous avons constaté deux fois l'immunité vis-à-vis de ce virus.

Voici l'observation de ces animaux :

M. A. R., Singe Papion, mâle.

Première inoculation, par *virus typhique murin de Toulon* (souche Marcandier), le 22 avril 1931 (et par M. Marcandier lui-même qui nous a, plus tard, adressé ce singe). *Typhus typique :* Incubation 9 jours, fièvre 11 jours de durée.

Deuxième inoculation, par *virus typhique murin de Mexico* (souche Mooser), le 1er décembre 1931, soit sept mois plus tard. *Résultat négatif.*

Troisième inoculation, par *virus de la fièvre pourprée* (souche Parker), le 23 juin 1932, soit sept mois plus tard. *Résultat négatif.* Deux cobayes témoins s'infectent et meurent.

Quatrième inoculation, par le *même virus*, le 6 juillet, soit 13 jours après l'inoculation précédente. *Résultat négatif.* Deux cobayes témoins s'infectent et meurent.

M. A. N., Singe Bonnet chinois, mâle.

Première inoculation, par *virus typhique historique* (souche Tunis), le 6 décembre 1930. *Typhus typique* : Incubation 7 jours, fièvre de 9 jours de durée.

Deuxième inoculation, par *virus typhique murin de Mexico* (souche Mooser), le 13 octobre 1931, soit dix mois plus tard. *Résultat positif*, le singe présente un typhus net, quoique léger : Incubation 10 jours, fièvre d'une durée de 5 jours au cours de laquelle la température n'a pas dépassé 39°,8.

Troisième inoculation, par le *même virus*, le 27 décembre 1931, soit 2 mois et demi après la dernière. *Résultat négatif*, deux cobayes témoins positifs.

Quatrième inoculation, par le *virus de la fièvre pourprée* (souche Parker), le 30 juin 1932, soit 6 mois après la dernière inoculation. *Résultat négatif.* Deux cobayes témoins s'infectent et meurent.

M. I., Singe Bonnet chinois, femelle.

Première inoculation, par *virus typhique murin du Mexique* (souche Mooser), le 13 octobre 1931. *Typhus typique :* incubation 7 jours, fièvre de 8 jours de durée.

Deuxième inoculation, par *virus typhique historique* (souche Tunis), le 26 novembre 1931, soit 1 mois et demi plus tard. *Résultat négatif.* Cobayes témoins positifs.

Troisième inoculation, par *virus de la fièvre pourprée* (souche Parker), le 30 juin 1932, soit 11 mois après la dernière inoculation. *Résultat positif :* Incubation 4 jours, fièvre de 7 jours de durée.

En résumé : Alors que, sur 22 cobayes ayant reçu une inoculation d'un virus exanthématique (historique 12 fois, murins 10) qui les a infectés, un seul a résisté à l'inoculation ultérieure du virus de la fièvre pourprée (réserve faite de l'explication de cette résistance individuelle), 2 singes sur 3, ayant reçu deux inoculations préalables de virus typhiques différents, ont présenté une immunité vis-à-vis du virus de la maladie des Montagnes Rocheusses.

Il semble légitime de conclure de cette constatation que l'inoculation successive de virus typhiques d'origines différentes *étend* la propriété antigénique préventive de ces virus et la rend active vis-à-vis d'un virus exanthématique, éloigné de chacun d'entre eux par la nature de son antigène préventif.

ÉLECTRICITÉ. — *Propagation d'oscillations électriques le long d'un tube contenant un gaz ionisé.* Note de M. C. **Gutton** et Mlle **M. Chenot.**

Lorsqu'on approche de l'une des extrémités d'un long tube, contenant un gaz à une pression de l'ordre du millième de millimètre de mercure, un oscillateur à triode dont la fréquence correspond à quelques mètres de longueur d'onde, le tube s'illumine et la luminosité s'étend très loin jusqu'à des régions où le champ de l'oscillateur est négligeable. On peut d'ailleurs le supprimer complètement en enfermant l'oscillateur dans une boîte métallique où pénètre seulement une faible longueur du tube.

Mlle Chenot a montré (1) que, si l'amplitude des oscillations est suffisante pour que la colonne lumineuse atteigne l'extrémité du tube opposée à l'oscillateur, il s'établit un système d'ondulations stationnaires. On observe

(1) M. Chenot, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 38 et 673.

le long du tube une série de concamérations lumineuses séparées par des espaces plus sombres et en explorant, avec un résonateur, le champ au voisinage du tube, on le trouve semblable à celui qui existe le long d'un fil métallique à l'extrémité isolée duquel se réfléchissent des ondes hertziennes. Les internœuds sont toutefois beaucoup plus courts que le long du fil, ils correspondent à une vitesse de propagation seulement égale à quelques centièmes de la vitesse de la lumière.

Ces observations conduisent à étudier les mouvements des centres électrisés dans un long tube contenant un gaz ionisé lorsqu'on y produit un champ électromagnétique périodique de fréquence élevée.

A cause de leur grande différence de masses, l'amplitude d'oscillation des électrons est beaucoup supérieure à celle des centres positifs, on peut donc admettre que sous l'action d'un champ de haute fréquence les électrons seuls oscillent. Nous supposerons d'abord des oscillations d'assez faible amplitude pour qu'elles ne produisent pas une ionisation supplémentaire et ne changent pas le nombre total des électrons préexistants. La perturbation périodique que l'on crée dans le gaz modifie seulement leur répartition.

Soient u l'élongation à l'instant t d'un électron de masse m et de charge e dans une tranche d'épaisseur dx, N le nombre d'électrons par centimètre cube. De cette tranche sont sortis par une face $s\mathrm{N}u$ électrons, il en est entré par l'autre $s\mathrm{N}(u + \partial u/\partial x\, dx)$. La charge positive n'ayant pas varié, la densité électrique cubique est $\rho = \mathrm{N}e\, \partial u/\partial x$.

La charge $\rho s\, dx$ de cette tranche est sollicitée par une force égale à la différence des actions qu'exercent sur elle les charges des deux parties du tube qui la comprennent. Si le *diamètre de ce tube est petit*, les charges éloignées ont une action négligeable vis-à-vis de celles qu'exercent les charges immédiatement voisines.

Ces dernières créent un champ de force proportionnel à la différence de densité cubique de part et d'autre de la tranche considérée, c'est-à-dire proportionnelle au gradient $\partial\rho/dx$ de cette densité.

La force agissant sur la charge $\mathrm{N}e\, s\, dx$ est donc

$$a^2 \mathrm{N} e s\, dx \frac{\partial \rho}{\partial x} \quad \text{ou} \quad a^2 \mathrm{N}^2 e^2 s\, dx \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}.$$

L'équation du mouvement des électrons dans la tranche d'abscisse x est, en divisant les deux membres par $s\, dx$,

$$\mathrm{N} m \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a^2 \mathrm{N}^2 e^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}.$$

Elle exprime une propagation des oscillations électroniques avec la vitesse

$$V = ae\sqrt{\frac{N}{m}}.$$

On trouve donc une propagation lorsque le diamètre du tube est assez petit pour que l'on puisse admettre que l'état d'une tranche du tube ne dépend que de l'état des tranches voisines.

Le coefficient a a les dimensions d'une longueur, c'est une fonction du diamètre d du tube qui s'annule avec ce diamètre, d étant petit, on peut poser

$$a = kd$$

et

$$V = ked\sqrt{\frac{N}{m}}.$$

La vitesse de propagation est proportionnelle au diamètre du tube et à la racine carrée du nombre d'électrons par centimètre cube.

Ce résultat suppose qu'une ionisation constante est entretenue le long du tube, par exemple, en y provoquant une décharge à fréquence très basse.

Ce ne sont pas les conditions des expériences de Mlle Chenot pour lesquelles les perturbations qui se propagent entretiennent elles-mêmes l'ionisation. Toutefois, ces expériences étant faites à très basse pression, la diffusion crée une répartition des centres électrisés qui varie très lentement avec l'abscisse et à laquelle se superposent les oscillations électroniques à fréquence élevée dont on observe la propagation.

Il n'est pas nécessaire pour expliquer une propagation de faire intervenir les ions positifs.

M. **Marcel Brillouin** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée *Oscillations d'un liquide pesant dans un bassin cylindrique en rotation*, par Marcel Brillouin et Jean Coulomb.

Ce petit livre est le développement et l'étude mathématique approfondie par M. J. Coulomb, de deux *Leçons* faites en février 1931 par M. Brillouin à propos des marées. Ce qui en fait l'intérêt, c'est que la profondeur du bassin n'est pas supposée très petite.

M. **Marcel Brillouin** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de

M. G. Prévost : *Tables de fonctions sphériques et de leurs intégrales, pour calculer les coefficients du développement en série de polynomes de Laplace, d'une fonction de deux variables indépendantes*, dont il a écrit la *Préface*.

M. **E. Fichot** fait hommage à l'Académie du tome onzième, 3e série, années 1931-1932, des *Annales hydrographiques*, contenant en particulier les *Rapports préliminaires de la campagne du* Pourquoi-Pas? *en* 1930 *et* 1931, par M. J.-B. Charcot.

M. **Jules Richard** fait hommage à l'Académie du fascicule LXXXVI des *Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par* Albert Ier, *prince souverain de Monaco : Poissons*, par Louis Roule et Fernand Angel.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Pierre Humbert. *Un amateur, Peiresc*, 1580-1637.

2° Le fascicule 10 des *Travaux de la Station biologique de Roscoff* publiés par Charles Pérez. (Présenté par M. F. Mesnil.)

3° *Contribution à l'étude de la différenciation des dents jugales chez les Mammifères. Essai d'une théorie de la dentition*, par M. Friant. Préface de R. Anthony. (Présenté par M. Ch. Jacob.)

STATISTIQUE. — *La signification des constantes dans la formule de Gompertz-Makeham.* Note de M. **E.-J. Gumbel.**

On a souvent objecté à la formule de Gompertz-Makeham pour l'intensité $\mu(x)$ de la mortalité

$$\mu(x) = a + be^{\gamma x}$$

en fonction de l'âge x qu'on ne pouvait pas attribuer une signification aux constantes.

Pour toute table de survie qui a, comme c'est toujours le cas pour l'homme, deux points d'inflexion aux âges x_1 et x_2, avec $x_1 < x_2$, où x_1 et x_2 sont respectivement les âges pour lesquels la densité de mortalité passe par un minimum et par un maximum, on trouve

$$\mu(x_1, x_2) = \frac{1}{2}\left(\gamma \mp \sqrt{\gamma^2 - 4a\gamma}\right)$$

d'où l'on tire

$$\gamma = \mu(x_1) + \mu(x_2),$$
$$\frac{1}{a} = \frac{1}{\mu(x_1)} + \frac{1}{\mu(x_2)},$$

valeurs qui sont significatives puisque la formule peut être appliquée à partir de x_1. Donc γ est le double de la moyenne arithmétique et $1/a$ le double de la moyenne harmonique des intensités de mortalité aux âges caractéristiques x_1 et x_2.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques théorèmes de la théorie des équations différentielles ordinaires non linéaires du second ordre.* Note [1] de M. **Alfred Rosenblatt.**

1. J'ai étudié récemment l'équation non linéaire du second ordre

$$(1) \qquad y'' = f(x, y, y')$$

en recherchant les intégrales passant par deux points, comme l'avait déjà fait M. Picard.

J'ai appliqué à cet effet la méthode des approximations successives de M. Picard, en remplaçant dans son raisonnement la condition de Lipschitz par la condition

$$(2) \qquad |f(x, y_1, y'_1) - f(x, y_2, y'_2)| \leqq \frac{\alpha |y_1 - y_2|}{x^{1+m}(b-x)^{1+m}} + \frac{\beta |y'_1 - y'_2|}{x^m(b-x)^m}$$

et en remplaçant ensuite cette inégalité par l'inégalité suivante :

$$(3) \qquad |f(x, y_1, y'_1) - f(x, y_2, y'_2)| \leqq \frac{\alpha |y_1 - y_2|}{x^2(b-x)^2} + \frac{\beta |y'_1 - y'_2|}{x(b-x)}.$$

Il n'y a qu'à suivre le raisonnement de M. Picard, *mutatis mutandis*, en

[1] Séance du 20 février 1933.

se servant de l'équation auxiliaire

$$y'' = \varphi(x) \tag{4}$$

où $\varphi(x)$ est supposée continue pour $< 0, b >$ et satisfaisant à la condition

$$|\varphi(x)| \leqq \frac{N}{x^{1+m}(b-x)^{1+m}} \qquad (0 < m < 1). \tag{5}$$

On a les deux conditions de M. Picard :

$$\frac{Mb^2}{8} + |B| \leqq L, \tag{6}$$

$$\frac{Mb}{2} + \frac{|B|}{b} \leqq L' \tag{7}$$

et la condition

$$\frac{\alpha K}{b^2} + \frac{\beta K'}{b} < 1, \tag{8}$$

où K et K′ sont deux constantes positives qui peuvent être prises égales à

$$\frac{2^{2-m}}{1-m} + \frac{1}{m} \quad \text{et} \quad \frac{2(1+m)}{m(1-m)}.$$

On a donc le théorème suivant :

Théorème. — *L'équation* (1) *possède dans le domaine* $|y| \leqq L$, $|y'| \leqq L'$, $0 \leqq x \leqq b$ *une intégrale* unique *qui soit continue et à dérivée continue dans l'intervalle* $0 < x < b$, *pourvu que les conditions* (6), (7), (8) *soient satisfaites.* M *est le maximum de* $|f(x, y, y')|$ *dans le domaine.* $y'(x)$ *est continu dans* $< 0, b >$ *et* $y(x)$ *est donné par les approximations successives de M. Picard.*

2. Sans approfondir la question de la *nécessité* des conditions semblables à (2) remarquons que l'équation suivante

$$y'' = \frac{6y}{x^2(b-x)^2}[x^2 + (b-x)^2 - 3x(b-x)], \tag{9}$$

pour $0 \leqq y \leqq x^3(b-x)^3$,

$$y'' = 0 \qquad \text{pour } y \leqq 0,$$

$$y'' = 6x(b-x)[x^2 + (b-x)^2 - 3x(b-x)] \qquad \text{pour } y \geqq x^3(b-x)^3,$$

possède *une infinité d'intégrales*

$$y = CX^3(b-x)^3 \qquad (0 \leqq C \leqq 1) \tag{10}$$

nulles pour $x = 0$ et pour $x = b$ et plus petites en valeur absolue que b^6. Ici la constante α de l'inégalité (3) n'est pas plus petite que $6b^2$ et la condition (8) *n'est pas remplie.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Validité de la théorie de Fredholm pour certains noyaux non bornés.* Note de M. **Georges Giraud**.

Soit $f(t)$ une fonction positive croissante de la variable positive t, telle que $f(t)t^{-m}$ soit décroissant (m entier positif) et que l'intégrale

$$\int_0 \frac{f(t)}{t}\,dt$$

soit convergente; ces hypothèses entraînent que $f(t)$ est continu et infiniment petit avec t. Nous considérons les équations intégrales

$$(1) \qquad \rho(X) - \lambda \int_E^{(m)} G(X, A)\,\rho(A)\,dV_A = \varphi(X),$$

où le noyau G est une fonction de deux points de l'espace à m dimensions, continue quand les deux points sont distincts, et remplissant la condition

$$|G(X, \Xi)| < k f[L(X, \Xi)]\,L^{-m}(X, \Xi) \qquad (L = \text{distance}),$$

qui entraîne que cette fonction est sommable; k est une constante, E est un ensemble borné et fermé, φ est une fonction continue donnée. On peut démontrer que *les trois théorèmes fondamentaux de Fredholm sont valables pour l'équation* (1).

Pour cela on pose, en désignant par a une constante positive,

$$H(X, \Xi) = H^{(1)}(X, \Xi) = G(X, \Xi)\exp[-aL^m(X, \Xi)],$$
$$H^{(n+1)}(X, \Xi) = \int_E^{(m)} H^{(n)}(X, A)\,H(A, \Xi)\,dV_A,$$

et l'on prouve que, si Λ est un nombre positif donné, et si a est choisi assez grand, la série

$$N_1(X, \Xi; \lambda) = \sum_{n=1}^{\infty} \lambda^{n-1} H^{(n)}(X, \Xi)$$

converge pour $|\lambda| < \Lambda$; en multipliant le terme général par

$$\frac{L^m(X, \Xi)}{f[L(X, \Xi)]},$$

la convergence devient uniforme tant que $|\lambda|$ reste inférieur à $\Lambda' < \Lambda$. On

déduit alors de l'équation (1)

$$(2) \qquad \rho(X) + \lambda \int_E^{(m)} \rho(\Xi) \Big[N_1(X, \Xi; \lambda) - G(X, \Xi) - \lambda \int_E^{(m)} N_1(X, A; \lambda) G(A, \Xi)\, dV_A \Big] dV_\Xi = \varphi(X) + \lambda \int_E^{(m)} N_1(X, A; \lambda) \varphi(A)\, dV_A.$$

Or on démontre que le noyau de cette nouvelle équation, c'est-à-dire la fonction qui multiplie $\rho(\Xi)\,dV_\Xi$ sous le signe d'intégration, est continu même quand les deux points sont confondus. Les séries de Fredholm peuvent donc être formées pour l'équation (2), et elles représentent des fonctions holomorphes de λ dans le domaine $|\lambda| < \Lambda$. On met ainsi ρ sous la forme

$$(3) \qquad \rho(X) = \varphi(X) + \lambda \int_E^{(m)} N(X, A; \lambda) \varphi(A)\, dV_A,$$

où le *noyau résolvant* $N(X, \Xi; \lambda)$, qui se réduit à G pour $\lambda = 0$, satisfait à l'identité bien connue

$$(4) \qquad (\lambda - \mu) \int_E^{(m)} N(X, A; \lambda) N(A, \Xi; \mu)\, dV_A = N(X, \Xi; \lambda) - N(X, \Xi; \mu),$$

et est méromorphe pour $|\lambda| < \Lambda$. Comme Λ peut être donné arbitrairement, et comme le noyau résolvant est bien déterminé, *ce noyau est méromorphe dans tout le plan complexe* (on peut aussi en donner une expression valable, par exemple, pour toute valeur réelle de λ); ses pôles sont indépendants de X et de Ξ. Les théorèmes de Fredholm se déduisent de ce résultat.

Ces considérations semblent utiles à la théorie des opérations aux dérivées partielles du second ordre et du type elliptique. Dans les problèmes relatifs à de telles opérations $\mathcal{F}u$, on a été amené à supposer que certaines données remplissent des conditions de Hölder; si l'on remplace celles-ci par des conditions telles que

$$(5) \qquad |\Psi(X) - \Psi(Y)| < M f[L(X, Y)],$$

qui appartiennent à la classe plus générale des *conditions de Dini*, les équations de Fredholm qui s'introduisent appartiennent au type ici étudié. Bien entendu, il faut voir si les considérations qui permettent d'introduire ces équations continuent à s'appliquer, mais on peut répondre affirmativement

au moins sur les deux points suivants. Si l'on suppose que les coefficients $a_{\alpha,\beta}$ des dérivées secondes dans $\mathcal{F}$ remplissent une condition (5), on peut considérer, comme auparavant, certaines intégrales analogues à des potentiels de domaine ([1]); la définition généralisée donnée alors pour l'opération $\mathcal{F}$ s'applique à ces potentiels, et le résultat est le même qu'antérieurement; si la densité ρ satisfait aussi à une condition (5), les dérivées secondes du potentiel existent et sont continues. Considérons maintenant une variété engendrée par un point dont les m coordonnées sont fonctions de $m-1$ paramètres, les dérivées de ces fonctions remplissant des conditions (5), et supposons qu'il n'y ait pas de point singulier; on peut former pour cette variété un potentiel de simple couche, avec les mêmes hypothèses sur les $a_{\alpha,\beta}$, et la dérivée du potentiel suivant la direction conormale s'exprime comme antérieurement.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Critères d'unicité et de multiplicité par les intégrales d'un système d'équations différentielles du premier ordre.* Note ([2]) de M. A. **Marchaud**, présentée par M. Émile Borel.

1. Soit un système d'équations différentielles du premier ordre,

$$\frac{dx_i}{dt} = f_i(t, x_1, \ldots, x_n) \qquad (i = 1, 2, \ldots, n), \tag{1}$$

où *les f_i sont des fonctions définies et continues dans le domaine ouvert*,

$$\Delta = \{ 0 < t \leqq 1 \}.$$

Pour simplifier l'écriture mettons le système sous la forme vectorielle

$$\frac{d\vec{x}}{dt} = \vec{F}(t, \vec{x}), \tag{1'}$$

en désignant par $\vec{x}$ et $\vec{F}(t, \vec{x})$ les vecteurs de $t = 0$ dont les composantes respectives sont les x_i et les f_i.

2. Considérons deux intégrales $\vec{y}(t)$ et $\vec{z}(t)$, définies dans (0, 1), c'est-à-dire deux vecteurs continus dans cet intervalle et satisfaisant à (1)'

([1]) *Bull. Sc. math.*, 56, 1932, p. 248-273, 281-312, 316-352, spécialement Chap. I, 9, p. 258.

([2]) Séance du 20 février 1933.

pour $0 < t \leqq 1$. Il est naturel pour les comparer de faire intervenir le module de leur différence, ou plus généralement, une fonction scalaire de cette différence. Soit $\Phi(\vec{x})$ une telle fonction, partout continue, positive sauf pour $\vec{x} = 0$ et pourvue d'un gradient continu sauf peut-être pour $\vec{x} = 0$. Posons

$$\varphi(t) = \Phi[\vec{z}(t) - \vec{y}(t)].$$

On a immédiatement

$$(2) \qquad \varphi'(t) = \overrightarrow{\text{grad}}\,\Phi[\vec{z}(t) - \vec{y}(t)].\{\vec{F}[t, \vec{z}(t)] - \vec{F}[t, \vec{y}(t)]\},$$

pourvu que t et $\varphi(t)$ ne soient pas nuls, puisque $\vec{y}(t)$ et $\vec{z}(t)$ sont dérivables et satisfont à $(1)'$ pour $0 < t \leqq 1$.

La relation (2) conduit tout naturellement à faire sur $\vec{F}$ des hypothèses telles que les suivantes

$$(3) \qquad \overrightarrow{\text{grad}}\,\Phi[\vec{x} - \vec{y}(t)].\{\vec{F}(t, \vec{x}) - \vec{F}[t, \vec{y}(t)]\} \leqq G\{t, \Phi[\vec{x} - \vec{y}(t)]\},$$

$$(4) \qquad \overrightarrow{\text{grad}}\,\Phi[\vec{x} - \vec{y}(t)].\{\vec{F}(t, \vec{x}) - \vec{F}[t, \vec{y}(t)]\} \geqq g\{t, \Phi[\vec{x} - \vec{y}(t)]\},$$

qui donneront respectivement un critère d'unicité et un critère de multiplicité pour $\vec{y}(t)$. D'une manière précise on a les énoncés suivants :

I. Théorème de comparaison et d'unicité. — *Soient* $\vec{y}(t)$ *une intégrale de* $(1')$ *définie dans* $(0, 1)$ *et* $\Phi(\vec{x})$ *une fonction scalaire de* $\vec{x}$ *partout continue, positive sauf pour la valeur* $\vec{x} = 0$, *qui l'annule, et pourvue d'un gradient continu quel que soit* $\vec{x} \neq 0$.

Si pour tout point $(t, \vec{x})$ *de* Δ *situé en dehors de* $\vec{x} = \vec{y}(t)$ *la relation* (3) *est satisfaite, où* $G(t, u)$ *représente une fonction continue dans* $\{0 < t \leqq 1\}$, *nulle pour* $u = 0$, *toute intégrale* $\vec{z}(t)$, *définie dans* $(0, 1)$, *satisfait dans tout l'intervalle à l'inégalité*

$$\Phi[\vec{z}(t) - \vec{y}(t)] \leqq U(t),$$

dans laquelle $U(t)$ *désigne l'intégrale supérieure droite de l'équation*

$$(5) \qquad \frac{du}{dt} = G(t, u),$$

issue du point $\{0, \Phi[\vec{z}(0)-\vec{y}(0)]\}$, *pourvu que cette intégrale existe dans* $(0, 1)$ (¹).

II. Théorème de multiplicité. — *Soient* $\vec{y}(t)$ *une intégrale de* $(1)'$ *définie dans* $(0, 1)$ *et* $\Phi(\vec{x})$ *une fonction scalaire possédant les propriétés suivantes :*

1° *Elle est continue quel que soit* $\vec{x}$, *et positive sauf pour la valeur* $\vec{x}=0$, *qui l'annule.*

2° *Elle possède partout, sauf peut-être pour* $\vec{x}=0$, *un gradient continu et différent de zéro* (²).

3° *Si* $\Phi(\vec{x})$ *est au plus égal à un nombre fini donné,* $|\vec{x}|$ *est borné.*

Si pour tout point $(t, \vec{x})$ *de* Δ, *situé au dehors de* $\vec{x}=\vec{y}(t)$, *la relation* (4) *est satisfaite, où* $g(t, u)$ *représente une fonction continue dans* $\{0 < t \leq 1\}$, *et si de plus l'équation*

$$\frac{du}{dt}=g(t, u) \tag{6}$$

admet une intégrale issue de l'origine prenant pour $t=t_1$, $0 < t_1 \leq 1$, *une valeur positive* r_1, *alors par tout point* $(t_1, \vec{x}_1)$, *tel que* $\Phi[\vec{x}_1-\vec{y}(t_1)]$ *soit au plus égal à* r_1, *passe au moins une intégrale de* $(1)'$ *issue du point* $[0, \vec{y}(0)]$.

3. Les théorèmes précédents sont évidemment valables pour $n=1$. Pratiquement on les utilisera surtout en prenant $\Phi(\vec{x})=|\vec{x}|$, en axes rectangulaires. Dans ce cas particulier le théorème I est l'extension d'une proposition que j'ai signalée au dernier Congrès international des Mathématiciens. On pourra le rapprocher de deux résultats voisins, mais plus restrictifs, dus respectivement à MM. E. Kamke (³) et A. Rosenblatt (⁴).

Le théorème II généralise, même pour $n=1$ et $\Phi(\vec{x})=\vec{x}$, un critère de multiplicité donné par M. Tamarkine (⁵) dans le cas d'une seule équation.

(¹) $U(t)$ est définie par la condition suivante :

$u(t)$ étant une intégrale à droite quelconque de (5), partant de $[0, U(0)]$, on a $u(t) \leq U(t)$, dans tout l'intervalle où $u(t)$ existe. Lorsque G est bornée et continue dans $\{0 \leq t \leq 1\}$, $U(t)$ existe nécessairement.

(²) Lorsque le signe $=$ est exclu de la relation (4), il n'est pas nécessaire de supposer que, pour $x=0$, le gradient de $\Phi(\vec{x})$ n'est pas nul.

(³) *Sitz. ber. d. Heidelb. Ak.*, **17**, 1930, p. 2.

(⁴) *Rend. dei Lincei*, 8, 1928, p. 41.

(⁵) *Math. Zeitschr.*, **16**, 1922, p. 207; voir aussi Lavrentieff, *ibid.*, **23**, 1925, p. 197.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une propriété différentielle des continus de Jordan.* Note de M. **Eugène Blanc**, présentée par M. Élie Cartan.

Une collection $\Gamma(M)$ de droites ou de demi-droites étant attachée, d'après une loi donnée, à chaque point M d'un ensemble ponctuel plan E, nous appellerons *accumulatif* de $\Gamma(M)$ au point M la collection de toutes les droites ou demi-droites d'accumulation de $\Gamma(M')$ quand M' tend vers M [1]. Si cet accumulatif est contenu dans $\Gamma(M)$, il y a semi-continuité supérieure d'inclusion $(\overline{\text{S. C. I.}})$; s'il contient $\Gamma(M)$, il y a semi-continuité inférieure d'inclusion $(\underline{\text{S. C. I.}})$. S'il est confondu avec $\Gamma(M)$, on obtient un nouveau mode de continuité dont je donnerai un exemple.

Soit K l'arc simple de Jordan $[x=f(t),\ y=g(t)]$, obtenu avec des fonctions f et g continues sans plus, lorsque t décrit l'intervalle (a, b). Si l'on prend K pour ensemble E et si $\Gamma(M)$ est le paratingent (ptg), on sait qu'il possède la $\overline{\text{S. C. I.}}$ Je me propose d'établir pour le contingent (ctg) une propriété analogue. Avec M. A. Denjoy nous dirons que M est sommet pour K si le ctg peut y être inclus dans un angle inférieur à π, l'ensemble des sommets étant d'ailleurs dénombrable [2]. Soit $K(t_1, t_2)$ l'ensemble des points de K obtenus pour $t_1 < t < t_2$. Un type connu de raisonnement [3] appliqué dans des conditions ici très élargies fournit le théorème suivant :

Théorème I. — *S'il n'y a aucun sommet sur* $K(t_1, t_2)$, *on peut y trouver au moins un point en lequel le ctg renferme les deux directions opposées parallèles à la droite* M_1M_2.

La distance d'un point M de $K(t_1, t_2)$ à la droite M_1M_2 est en effet une fonction continue de t; si elle n'est pas identiquement nulle, elle admet un maximum qu'elle atteint au moins une fois *entre* t_1 et t_2. Soient τ la valeur correspondante de t, μ le point correspondant de K et TT' la parallèle à M_1M_2 menée par μ. L'ensemble $K(t_1, t_2)$ est tout entier d'un même côté de TT', celui qui contient M_1M_2. Le ctg de K en μ est formé de demi-directions toutes comprises dans ce demi-plan; μ ne pouvant être un

---

[1] Locution de M. G. Bouligand conforme à l'esprit de son article : *Sur l'idée d'ensemble d'accumulation* (*Enseign. Math.*, 30, 1931, p. 243-247).

[2] A. Denjoy, *J. de Liouville*, 11, 1915, p. 147 et suiv.

[3] Voir *par exemple* J. Valiron, *Journ. de Math.*, 4, 1925, p. 281-297.

sommet, ce ctg devra contenir les directions μT et $\mu T'$. Ce théorème se réduit à celui des accroissements finis et à ses généralisations classiques si l'on suppose que f et g sont dérivables dans l'intervalle ouvert (t_1, t_2). Il permet de démontrer le théorème suivant :

THÉORÈME II. — *Sur un arc simple de Jordan, en tout point* M *qui n'est ni sommet, ni limite de sommets, le ptg est confondu avec l'accumulatif des ctg en* M.

En premier lieu le ptg contient son accumulatif puisqu'il possède la S. C. I.; tous les éléments du ctg étant d'ailleurs des éléments du ptg, l'accumulatif des ptg contient celui des ctg; le ptg contient donc l'accumulatif des ctg. En second lieu, d'après le théorème I, à toute corde $M_n M'_n$ dont les extrémités sont assez voisines de M correspond un point μ_n en lequel le ctg contient les directions $M_n M'_n$ et $M'_n M_n$. Lorsque M_n et M'_n tendent vers M, il en est de même de μ_n, ce qui montre que toute direction du ptg est un élément d'accumulation des ctg voisins. Ainsi se trouve démontré le théorème II.

Le ctg en M étant inclus dans le ptg sera inclus dans son propre accumulatif; il possède donc la S. C. I. en tout point qui n'est ni sommet ni limite de sommets. Ce résultat moins général que le précédent a sur lui l'avantage de rester vrai même lorsque le point M est un sommet; cela provient essentiellement de ce que M séparant le continu en deux arcs, le ctg du continu total est formé de la réunion des ctg des deux arcs, propriété que ne possède pas le ptg. On peut donc dire en définitive que :

THÉORÈME III. — *Sur un arc simple, le ctg possède la S. C. I. en tout point qui n'est pas limite de sommets.*

C'est le théorème que je désirais établir. Il généralise un résultat de M. W. H. Young [1] sur les formes indéterminées du type O. Il s'y réduit, si l'on suppose f et g dérivables; la condition « absence de sommets au voisinage de M » est d'ailleurs moins restrictive que celle de M. Young : « absence de zéros ou d'infinis communs pour f' et g' au voisinage de la valeur considérée ».

Voici maintenant quelques corollaires presque évidents :

COROLLAIRE I. — *Sur un arc simple de Jordan ne contenant qu'un nombre fini de sommets, le ctg possède la* S. C. I. *en tout point.*

---

(1) *On indeterminate Forms* (*Proc. Lond. Math. Soc.*, 2e série, 8, 1910, p. 40-76).

Corollaire II. — *Si sur un tel arc le ptg et le ctg coïncident en tout point, ils coïncident avec leurs accumulateurs.* C'est l'exemple annoncé de cette sorte de continuité au sens de l'inclusion dont j'ai parlé plus haut.

Corollaire III. — *Si, réciproquement, le ctg est continu à ce sens et si l'arc étudié ne contient aucun sommet, le ctg coïncide en tout point avec le ptg.*

Enfin si l'on considère un continu de Jordan pouvant contenir des points multiples, les conclusions précédentes restent valables moyennant des restrictions qui seront précisées dans une rédaction plus détaillée de ces résultats.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les régimes transitoires.*

Note de MM. **E. Crausse** et **J. Baubiac**, présentée par M. Henri Villat.

En appliquant la méthode indiquée dans une précédente Note ([1]) nous avons étudié le régime transitoire correspondant à la mise en vitesse d'un liquide visqueux à partir du repos, dans un ajutage cylindrique vertical de diamètre D précédé d'un réservoir et terminé à l'aval par un robinet. Nous avons fait varier la viscosité du liquide employé et les dimensions de l'ouvrage en ayant soin de réaliser l'égalité des nombres de Reynolds pour les régimes permanents atteints. En désignant par v_1 la vitesse en un point déterminé du premier ouvrage à l'époque t_1 et par v_2 la vitesse en un point homologue du deuxième ouvrage à l'époque t_2, en désignant par $\lambda = D_2/D_1$ le rapport de similitude géométrique, par $K = \nu_2/\nu_1$ le rapport des coefficients cinématiques de viscosité, nous avons vérifié que les courbes (v_1, t_1) et $(v_2\lambda/K, t_2K/\lambda^2)$ coïncident (*fig.* 1).

La loi de similitude de Reynolds s'applique donc pendant toute la durée des régimes transitoires envisagés.

Voici les données numériques de l'une des expériences réalisées :

$$D_1 = 8^{\text{cm}}, \qquad D_2 = 4^{\text{cm}}, \qquad \nu_1 = 0{,}428, \qquad \nu_2 = 0{,}0095.$$

Vitesses de régime permanent au point considéré

$$V_1 = 31{,}2\ \text{cm/sec}, \qquad V_2 = 1{,}38\ \text{cm/sec}.$$

On voit qu'à nombre de Reynolds égal le régime permanent s'établit d'autant plus rapidement que la viscosité est plus élevée.

([1]) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 466.

Nous avons étudié en outre la variation de la durée du régime transitoire en fonction du nombre de Reynolds, le liquide partant du repos. Comme le régime permanent n'est obtenu théoriquement qu'au bout d'un temps infini, nous avons fait intervenir les temps nécessaires pour qu'en un point déterminé de l'ouvrage, la vitesse v atteigne une fraction $1/m$ de sa

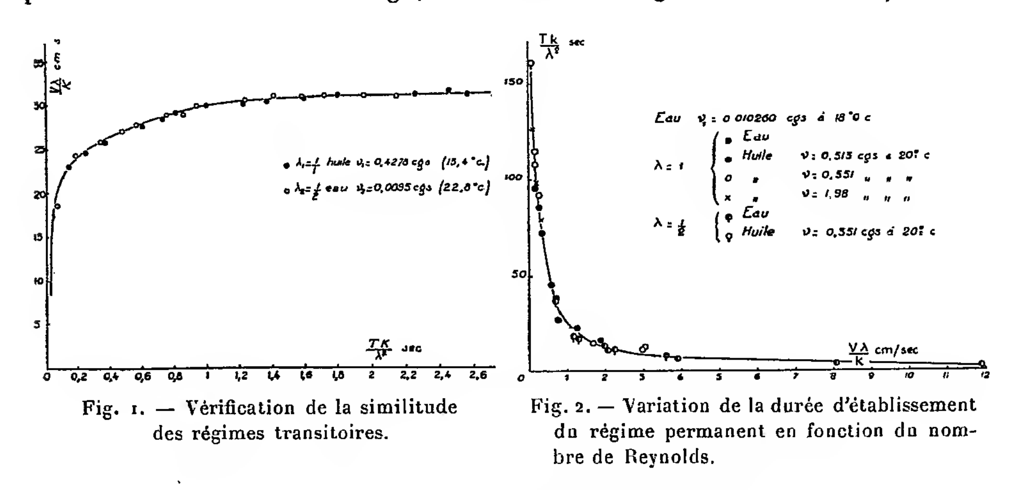


Fig. 1. — Vérification de la similitude des régimes transitoires.

Fig. 2. — Variation de la durée d'établissement du régime permanent en fonction du nombre de Reynolds.

valeur en régime permanent. La courbe obtenue (*fig.* 2) montre que les durées d'établissement du régime permanent sont d'autant plus élevées que le nombre de Reynolds est plus faible.

La courbe de la figure 2 est tracée en prenant comme base de comparaison l'ajutage de diamètre intérieur $D_1 = 8^{cm}$ et l'eau à $18°,9$ ($\nu_1 = 0{,}010260$ C. G. S.), $1/m = 95$ pour 100.

La vitesse de régime permanent varie de 2 à 106 cm/sec et le rapport K de 1 à 440.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur une époque remarquable d'activité solaire (première quinzaine de février).* Note de M. **Henri Memery**, présentée par M. Ernest Esclangon.

La période undécennale des taches solaires, ou période de Schwabe, paraît aujourd'hui bien établie, toutes les observations effectuées depuis la découverte de cette période en ayant confirmé l'existence. Toutefois, il semble qu'il existe dans les variations des phénomènes solaires et particulièrement dans celles des taches, d'autres périodicités, indépendantes de la période undécennale.

En effet, si l'on note, par exemple, les dates d'apparition et de disparition des grandes taches solaires, on observe que lors des années précédentes, d'autres grandes taches sont apparues sensiblement aux mêmes dates; on dirait que *les taches solaires ont une tendance à s'accumuler sur certaines dates.*

L'observation montre que la première quinzaine de février est une époque de grande fréquence des taches solaires, remarquable par l'apparition de certaines taches d'une étendue exceptionnelle. L'immense groupe de taches qui vient de traverser le disque solaire, du 31 janvier au 13 février, paraît faire partie d'une série périodique de taches arrivant dans les derniers jours de janvier et dont voici les dates de visibilité pour les cinquante dernières années.

Grandes taches visibles (ayant effectué une traversée du disque solaire, ou dont la superficie a atteint au moins 100 millionièmes de l'hémisphère solaire).

1880....	Du 30 janvier	au	11	février	1907....	Du 29 janvier	au	8	février
	30	»	10	»	1908....	29	»	7	»
1881....	31	»	11	»	1915....	31	»	10	»
1883....	31	»	12	»	1916....	31	»	9	»
1884....	29	»	10	»	1917....	30	»	9	»
	30	»	11	»	1919....	31	»	8	»
	31	»	11	»		31	»	11	»
1885....	30	»	10	»	1921....	30	»	12	»
1886....	30	»	11	»	1926....	31	»	8	»
1892....	31	»	10	»	1927....	29	»	10	»
1894....	30	»	10	»		29	»	11	»
1896....	31	»	8	»	1930....	30	»	11	»
1897....	30	»	11	»	1933....	31	»	13	»
1905....	20	»	11	»					

Les séries d'années qui ne comptent pas de taches correspondent généralement à un minimum de la période solaire, où les taches sont absentes quelquefois pendant plusieurs mois, par exemple :

1887 à 1891 (minimum solaire en 1888-1889);
1900 à 1904 (» 1901-1902);
1909 à 1914 (» 1912-1913);
1922 à 1925 (» 1923).

Une autre série, moins importante, faisant partie de cette recrudescence d'activité solaire de la première quinzaine de février, se montre avec l'apparition de grandes taches dans les trois premiers jours de février, avec dis-

parition du 12 au 15 février, ce qui contribue à élever considérablement, pour la première quinzaine de février, la courbe représentant la *moyenne quotidienne normale* des taches solaires pour un certain nombre d'années (50 ans, par exemple).

Le groupe qui a été visible du 31 janvier au 13 février 1933, d'une étendue extraordinaire (a été *visible à l'œil nu*, *comme tache double*, du 4 au 8 février), constitue un fait exceptionnel, l'année 1933 se trouvant à proximité du minimum de la période solaire actuelle.

Remarques au sujet de la Note précédente, par M. **Ernest Esclangon.**

La Note de M. Memery, par les observations qu'elle relate, tendrait à montrer, vis-à-vis des taches solaires et parmi les multiples périodes qui peuvent s'y rattacher, l'existence d'une tendance à périodicité annuelle.

Une telle conclusion doit être formulée avec réserve, car elle conduirait à cette conséquence un peu surprenante d'un certain degré de liaison entre la production des taches solaires et la période de révolution de la Terre autour du Soleil, liaison qui, logiquement, devrait être étendue aux autres planètes. Les recherches, qu'à diverses reprises, on a tenté dans cette voie n'ont pas donné de résultat nettement positif. Aussi convient-il de rester dans l'expectative en attendant que de très longues séries d'observations puissent permettre d'aborder ce problème avec toute l'efficacité désirable.

GÉODÉSIE. — *Influence des oscillations diurnes de la verticale sur les résultats des nivellements de haute précision.* Note de M. **E. Prévot**, présentée par M. Ch. Lallemand.

En juillet 1925 [1], j'ai émis l'hypothèse que certains écarts systématiques notables et anormaux, constatés en France et à l'étranger, entre des nivellements très précis, d'époques différentes, et restés jusqu'alors inexpliqués, pouvaient avoir pour cause une déformation, dans le temps, des surfaces de niveau du globe terrestre.

Une première confirmation expérimentale de cette hypothèse ressort d'observations faites au Parc Saint-Maur, à l'Observatoire de l'Institut

---

(1) *C. R. du Congrès de Grenoble de l'Ass. fr. pour l'Av. des Sciences*, 1925, p. 161; *Bulletin géodésique*, **12**, 1926, p. 249.

de Physique du Globe de l'Université de Paris (¹). On a pu mesurer l'amplitude de certaines variations périodiques diurnes de la verticale, paraissant liées a une cause d'origine thermique et saisonnière. Alors que les oscillations diurnes déjà connues, d'origine astronomique, sont beaucoup trop faibles pour influencer les nivellements de précision, les oscillations d'origine thermique sont capables de provoquer de graves anomalies.

L'amplitude du phénomène doit varier avec la constitution du sol; on peut admettre cependant que, pour la moitié septentrionnale de la France, l'ordre possible de grandeur de son influence sur les résultats des nivellements peut être évalué d'après l'amplitude des oscillations mesurées en 1928, au Parc Saint-Maur, par MM. L. Genaux et R. Guilhen (¹). Ces oscillations varient de quelques centièmes de seconde en hiver à plus d'*une seconde* en été. En juillet 1928, leur amplitude *moyenne* atteignait, entre 10^h et 16^h, jusqu'à $0'',65$ dans le sens W-E et $0'',45$ dans le sens S-N, ce qui fait ressortir une variation moyenne de l'ordre de $0'',8$ dans une direction peu différente du S-W au N-E.

Un calcul très simple montre qu'entre deux nivellements exécutés, pendant une belle journée d'été, sur un parcours de 1^{km} orienté du S-W au N-E, l'un vers 10^h et l'autre vers 15^h, l'oscillation de la verticale entraînera dans les résultats un désaccord de 4^{mm}, alors que la résultante de toutes les autres causes d'erreur n'a qu'une valeur probable de $1^{mm},5$.

D'autre part, si l'on imagine deux nivellements effectués, pendant la saison d'été, entre Brest et Strasbourg, et si, sur chaque tronçon du travail journalier, on exécute, suivant un usage assez fréquent, le premier nivellement entre 7^h et 11^h, et le deuxième entre 14^h et 18^h, l'écart entre les deux dénivellations obtenues sera, du fait de l'oscillation diurne thermique de la verticale (évaluée à $0'',5$ en moyenne), de $2^m,8$, la valeur probable de l'écart imputable à toutes les autres causes d'erreur étant inférieure à 11^{cm}.

Ces graves anomalies passent souvent inaperçues en raison des compensations partielles qu'entraîne la diversité des circonstances d'exécution (orientation et fragmentation des lignes nivelées, heures des observations, etc.). Mais, dans les cas fréquents où des écarts anormaux ont été constatés sans qu'on ait pu leur trouver une explication plausible, on conçoit le rôle qu'a pu jouer le phénomène physique précité.

Conclusion. — En vue notamment de provoquer de nouvelles recherches

(¹) L. Genaux et R. Guilhen, *Ann. de l'Inst. de Physique du Globe de l'Univ. de Paris*, 9, 1931, p. 102.

à cet égard, l'attention des géodésiens doit être appelée sur les conséquences possibles de l'oscillation thermique de la verticale. D'autre part, le moment paraît venu où il serait utile d'observer, dans le temps, non seulement les variations de l'intensité de la gravité, comme l'a suggéré M. Esclangon (¹), mais encore, ce qui est, il est vrai, plus délicat, celles de la direction.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur la théorie de la diffusion des neutrons.* Note de M. **J. Solomon**, présentée par M. M. de Broglie.

Dans des travaux récents (²), on a cherché à rendre compte des lois du choc d'un neutron et d'un noyau de charge Ze en admettant la loi d'interaction (³)

$$V(r) = \frac{Ze^2}{r} e^{-\frac{r}{\rho}}. \tag{1}$$

La méthode de Born a été appliquée, comme dans la démonstration, due à Wentzel (⁴), de la loi de Rutherford, en se contentant de la première approximation. Le but de cette Note est d'indiquer les limites d'application des formules ainsi obtenues.

Tout d'abord, il faut remarquer que la méthode de Born est un développement d'après les puissances croissantes de Ze^2/hv, v étant la vitesse des particules incidentes. La convergence exige donc que

$$\frac{Ze^2}{hv} < 1 \qquad \text{ou} \qquad \frac{v}{c} > \frac{Ze^2}{hc} = \frac{Z}{860}$$

(¹) *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 600.

(²) H. S. W. Massey, *Nature*, 129, 1932, p. 469 et 691; J.-L. Destouches, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1909, et *Théorie du neutron*, Paris, 1932; H. S. W. Massey, *Proc. Roy. Soc.*, A, 138, 1932, p. 460.

(³) Il est possible de donner une certaine justification de la forme spéciale de (1), en assimilant avec Heisenberg (*Z. Physik*, 77, 1932, p. 1) l'interaction entre un neutron et un proton à l'interaction d'échange entre un proton et un noyau d'hydrogène qui a précisément la forme (1), ρ étant alors le rayon de l'orbite d'hydrogène. Les neutrons exerçant entre eux des interactions de forme différente et qui peuvent peut-être être négligées, on obtient la forme (1) pour la loi d'interaction. On suppose de plus que les différents protons du noyau diffusent le neutron incident de façon cohérente.

(⁴) G. Wentzel, *Z. Physik*, 40, 1926, p. 590.

(soit pour $v/c = 1/10$, la condition $Z < 86$), mais ceci n'est pas suffisant : il faut encore montrer dans quelles conditions on peut réellement se contenter du premier terme.

On peut pour cela utiliser les calculs de Möller (¹) (exécutés dans un tout autre but). Le calcul de la deuxième approximation de la méthode de Born dans le cas général (v et ρ prenant des valeurs quelconques) semble inextricable. Nous nous sommes borné au cas important où v et ρ sont liés par la relation

$$\frac{h}{2\pi m v \rho} = 2, \tag{2}$$

soit pour (²) $\rho = 10^{-13}$ cm., $v = 3,1.10^9$ cm/sec⁻¹. Nous ne considérerons d'autre part que les sections efficaces pour les chocs correspondant à des angles compris entre $\pi/2$ et π. Ceci posé, la section efficace σ_2 correspondant à la seconde approximation est certainement supérieure à

$$\frac{\pi^7}{6}\,\frac{Z^4 e^8}{m^2 v^6 h^2} \tag{3}$$

alors que la section efficace correspondant à la première approximation, a pour valeur

$$\sigma_1 = \frac{\pi}{6}\,\frac{Z^2 e^4}{m^2 v^4}, \tag{4}$$

le rapport de ces deux grandeurs s'écrit

$$\frac{\sigma_2}{\sigma_1} > \pi^6\left(\frac{Ze^2}{hv}\right)^2 = \left(\frac{Z}{2,9}\right)^2 \quad \text{pour } v = 3,1.10^9. \tag{5}$$

La grandeur (3) représente seulement une limite inférieure de σ_2, d'autre part les calculs de Möller que nous avons utilisés négligent certains effets d'interférence qui peuvent diminuer sensiblement l'importance de la seconde approximation (³). On peut par suite admettre que (5) représente une valeur du rapport σ_2/σ_1 assez voisine de la réalité. Par suite, même pour des vitesses aussi grandes que 3.10^9 cm/sec⁻¹, il est impossible d'appliquer

(¹) *Z. Physik*, 66, 1930, p. 513; cf. également F. Distel, *Z. Physik*, 74, 1932, p. 765.

(²) Cette vitesse correspond à celle des neutrons les plus rapides. La valeur de ρ est la valeur calculée par Destouches (*loc. cit.*) à partir des expériences sur les éléments lourds.

(³) Cf. F. Distel, *loc. cit.*

la méthode de Born au delà de l'hydrogène ou de l'hélium [pour ces éléments légers, la convergence est meilleure par suite de leur faible masse: m étant dans (2) la masse réduite, la vitesse v devient pour l'hydrogène $1,5.10^9$ cm/sec^{-1}]. La comparaison des résultats expérimentaux avec les formules tirées de la première approximation pour des éléments tels que le plomb ou le mercure ne peut apporter d'arguments ni pour ni contre l'hypothèse (1).

Pour des vitesses inférieures, il va sans dire que l'approximation est encore plus médiocre. En résumé, il semble qu'il ne soit possible que pour l'hydrogène d'appliquer la première approximation de Born dans un intervalle suffisamment grand de vitesses afin de contrôler la validité de l'hypothèse (1).

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Sur les courants de haute fréquence produits par les magnétos à haute tension.* Note de M. **Jean Jaffray**, présentée par M. Paul Janet.

Une Note précédente [1] a déjà indiqué quelques raisons, d'ordre qualitatif, qui semblaient prouver l'existence de termes de haute fréquence, dans le courant secondaire des magnétos à haute tension. La présente Note a pour but de préciser ce phénomène.

1° La méthode employée consiste à coupler lâchement au circuit de décharge d'une magnéto un circuit oscillant comprenant une bobine de self fixe, un condensateur variable à air, et un thermocouple à vide sensible, et à construire la courbe de résonance. Le circuit de décharge de la magnéto, dont le développement extérieur est de l'ordre du mètre, a une forme absolument invariable dans toutes les expériences et comporte, en série, un éclateur à pointes de nickel et un thermocouple à vide.

2° Relions métalliquement les deux pointes de l'éclateur : le secondaire de la magnéto est un court circuit et l'expérience montre, cependant, l'existence de courants de haute fréquence. L'éclateur n'est donc pas nécessaire à leur production, comme on aurait pu le croire, par analogie avec les faits observés pour la bobine d'induction : dans certains cas, en effet, le système pointe-plateau de la bobine joue le rôle d'excitateur de Hertz, et crée de la haute fréquence [2].

---

(1) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1902.

(2) Bouasse, *Oscillations électriques*, p. 242.

Pour une magnéto d'avion, Bosch, d'un type courant, on a trouvé une fréquence apparente : $N = 1,22.10^7$, qui correspondrait à une longueur d'onde dans l'air : $\lambda = 24^m,5$.

Cette fréquence est indépendante de la vitesse de rotation de la magnéto, à la précision actuelle des expériences (1/100).

3° Quand la décharge éclate dans l'air, à la pression atmosphérique, on trouve des fréquences légèrement plus faibles. Ainsi pour la magnéto Bosch, précédemment envisagée, on a

$$N = 1,14.10^7, \qquad \lambda = 26^m,3.$$

Cette différence semble devoir être attribuée à la capacité de l'éclateur qui est de l'ordre du cent-millième de microfarad.

Ces fréquences sont indépendantes de la vitesse de rotation de la magnéto et aussi de la longueur de l'étincelle à l'éclateur, qui peut varier de 0 à 5^{mm}.

4° Remplaçons l'éclateur par une bougie d'allumage d'un modèle courant : on observe des fréquences très voisines. Ce qui est facile à expliquer : la bougie utilisée a une capacité très voisine de celle de l'éclateur, bien que légèrement supérieure.

Pour la magnéto Bosch, on a trouvé

$$N = 1,09.10^7, \qquad \lambda = 27^m,5,$$

et pour une magnéto S. E. V. donnant, avec l'éclateur, la fréquence $1,03.10^7$,

$$N = 0,99.10^7, \qquad \lambda = 30^m,4.$$

Remarquons toutefois, qu'avec une bougie, les phénomènes sont beaucoup moins réguliers qu'avec l'éclateur.

5° La fréquence est très sensible aux modifications du circuit de décharge : quelques spires de fil supplémentaires suffisent pour faire décroître très sensiblement la fréquence. Voici deux exemples :

Pour la magnéto Bosch, un petit solénoïde, fabriqué au tour avec du fil suffisamment gros pour ne pas nécessiter de noyau et dont la self, calculée en courant continu, vaut $3,2.10^{-6}$ henry, fait passer la longueur d'onde de $26^m,3$ à $35^m,1$, lorsqu'on l'introduit en série dans le circuit de décharge.

Un solénoïde, dont la self vaut 10^{-5} henry, fait de même passer la longueur d'onde de $26^m,3$ à 49^m.

Toutes ces longueurs d'onde sont très petites, par rapport à la longueur du fil qui constitue l'enroulement secondaire d'une magnéto.

MAGNÉTISME. — *Sur le paramagnétisme constant du rhénium métallique.* Note de MM. **Nicolas Perakis** et **Léandre Capatos**, transmise par M. Pierre Weiss.

Dans le tableau de Mendéleef le rhénium est placé entre le tungstène et l'osmium; son nombre atomique est 75, son poids atomique, récemment déterminé ([1]), 186,31 et sa densité 20,9 ([2]).

Le tungstène et l'osmium ont un paramagnétisme indépendant de la température ([3]) : Honda trouve pour les coefficients d'aimantation de ces deux éléments respectivement $\chi = 0,33.10^{-6}$ et $\chi = 0,04.10^{-6}$; ces valeurs restent invariables dans un large intervalle de température (180°-1100°).

MM. W. Albrecht et E. Wedekind ([4]) ont récemment mesuré, à la température de 18°, la susceptibilité spécifique du rhénium métallique et l'ont trouvée égale à $0,046.10^{-6}$ ($\pm 0,02$). *A cette température, le rhénium aurait donc un paramagnétisme à peu près égal à celui de l'osmium.*

Nous ne croyons pas qu'en dehors de ces mesures il en existe d'autres. Nous nous sommes proposé d'étudier l'aimantation du rhénium en fonction de la température.

Nous avons rempli avec du rhénium métallique pur ($0^g,9546$) une ampoule en quartz fermée par un bouchon rodé à l'émeri. La méthode utilisée est celle d'attraction dans un champ non uniforme. Nous avons pris l'eau comme substance étalon.

Trois séries de mesures faites à la température de 20° nous ont donné pour le coefficient d'aimantation du rhénium la valeur $0,369.10^{-6}$ ($\pm 0,006$); cette valeur, nous l'avons retrouvée, aux erreurs d'expérience près, à la température de — 23° (chlorure de méthyle) et à celle de — 79° (neige carbonique-acétone).

Par suite, dans un intervalle de température de 99° (de + 20 à — 79°), *le rhénium possède un paramagnétisme indépendant de la température*, leque

(1) Hönigschmid Sachtleben, *Z. Anal. Chem.*, 191, 1930, p. 309.

(2) C. Agte, H. Altertum, *Naturwis.*, 19, 1931, p. 108-109. Ce nombre est tiré de mesures faites sur du rhénium fondu. La densité calculée à partir des spectres de rayons X est 21,4.

(3) Landolt-Börnstein, *Physik.-Chem. Tabellen*, Berlin, 2, 1923, p. 1202 et 1204.

(4) W. Albrecht et E. Wedekind, *Naturwis.*, 19, 1931, p. 20-21.

rapporté à l'atome-gramme est :

$$\chi_{Re} = 186,31 \times 0,369.10^{-6} = 68,7.10^{-6}.$$

Cette valeur est supérieure au coefficient d'aimantation atomique du tungstène ($\chi_W = 60,7.10^{-6}$) et aussi à celui de l'osmium ($\chi_{Os} = 7,6.10^{-6}$); toutefois, elle se rapproche beaucoup de celle du premier de ces éléments.

Nous ferons remarquer que les résultats de nos mesures, faites à trois différentes températures, sont en complet désaccord avec ceux de MM. Albrecht et Wedekind, tirés de mesures faites à une seule température (18°). Le coefficient d'aimantation que nous trouvons est environ huit fois plus fort que celui des auteurs plus haut cités.

Nous en sommes d'autant plus étonnés qu'il ne semble pas que la pureté du produit puisse être mise en doute. En effet, d'après MM. J. et W. Noddack ([1]), le rhénium s'obtient facilement à l'état chimiquement pur. Ces auteurs estiment que les impuretés totales n'atteignent pas 0,02 pour 100 et que la moitié seulement de cette quantité peut être attribuée aux éléments compris entre le titane et l'uranium. Comme nous avons montré que le rhénium a un paramagnétisme très exactement constant, il en résulte que les impuretés qu'il peut contenir doivent avoir aussi un paramagnétisme indépendant de la température. Même, dans le cas où l'impureté totale eût été du manganèse, dont le paramagnétisme constant est très fort ($9,9.10^{-6} = \chi$) ([2]), le coefficient d'aimantation trouvé pour le rhénium n'en eût été nullement affecté.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'équilibre entre les acides lactique et pyruvique.* Note de M. **René Wurmser** et Mme **Nélicia Mayer-Reich**, présentée par M. Georges Urbain.

Dans une Note précédente ([3]), nous avons montré que le potentiel normal du système

$$CH^3.CHOH.COO^- \rightleftharpoons CH^3.CO.COO^- + H^2$$

était à 37°C. et à pH = 7,4 voisin de — 0,200 volt. Nous avons entrepris de déterminer d'une manière précise le potentiel correspondant à cet équi-

([1]) J. Noddack et W. Noddack, *Zeit. Anorg. Allg. Chem.*, **181**, 1929, p. 1-37.

([2]) J. Safranek, *Revue de Métallurgie*, février 1924.

([3]) R. Wurmser et N. Mayer, *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 81.

libre. Ainsi que précédemment, on utilisait comme catalyseur la déshydrase de l'acide lactique de Stephenson et, comme corps électroactif, le violet de crésyle. Le potentiel d'un système constitué par un mélange de lactate et de pyruvate tel que le rapport des concentrations en ces substances est $(\mathcal{L}):(\mathcal{P})$ a pour expression, en admettant que les deux hydrogènes de l'acide lactique sont échangés au même niveau d'énergie :

$$E_H = E_0 - \frac{RT}{2\mathcal{F}} \frac{1}{0,4343} \log \frac{(\mathcal{L})}{(\mathcal{P})} - \frac{RT}{\mathcal{F}} \frac{1}{0,4343} \mathrm{pH} + \frac{RT}{2\mathcal{F}} \frac{1}{0,4343} \log \frac{f_{L^-} K_L + f_L [H^+]}{f_{P^-} K_P + f_P [H^+]} \frac{K_P}{K_L},$$

où E_H est le potentiel du mélange en équilibre mesuré par rapport à l'électrode normale d'hydrogène, E_0 le potentiel normal du système, f_L, f_{L^-}, f_P, f_{P^-} les inverses des coefficients d'activité de l'acide lactique non dissocié, de l'ion lactate, de l'acide pyruvique non dissocié, de l'ion pyruvate. K_P et K_L sont les constantes de dissociation des acides; $[H^+]$ est l'activité des ions hydrogène.

Étant donnée la grandeur des constantes de dissociation $K_L = 1,5.10^{-4}$ et $K_P = 3,2.10^{-3}$, le dernier terme de l'équation peut être négligé quand les mélanges en équilibre ont une activité en ions H^+ correspondant à un pH voisin de 7, si l'on admet que le rapport $f_{P^-} : f_{L^-}$ des coefficients d'activité des ions lactate et pyruvate est peu différent de l'unité.

Pour éviter les corrections de température et éliminer les potentiels de diffusion dans le calcul de E_0, la mesure du pH du mélange était effectuée, quand l'équilibre était atteint, dans les tubes de Thunberg à pont de gélose qui servaient à déterminer le potentiel E_H.

Le tableau ci-dessous résume les résultats obtenus :

Rapport $(\mathcal{L}):(\mathcal{P})$.	E_H volt.	pH.	E_0 volt.
1 : 1	−0,195	7,39	+0,258
1 : 1	−0,187	7,25	+0,258
1 : 1	−0,197	7,34	+0,253
1 : 1	−0,189	7,24	+0,255
1 : 5	−0,177	7,30	+0,250
1 : 5	−0,179	7,27	+0,246
1 : 5	−0,183	7,30	+0,245
1 : 5	−0.177	7,31	+0,251
1 : 5	−0,179	7,30	+0,248
1 : 7	−0,162	7,30	+0,254
1 : 7	−0,165	7,32	+0,258
			+0,252 ± 0,002 volt

Le potentiel normal à pH 7,3 est donc de $-0,196$ volt et à pH 0 de $+0,252$ volt. En admettant cette valeur moyenne de E_0, on obtient pour la variation d'énergie libre de la réaction, quand tous les constituants ont pour activité l'unité, et quand la température est 37° C., la valeur

$$\Delta F = 2\mathcal{F} E_0 = +11600 \pm 100 \text{ calories},$$

qui diffère de 42 pour 100 de la chaleur de réaction à pression constante ($\Delta H = +20000$ calories).

Presque en même temps que paraissaient nos premières publications, J. P. Baumberger, J. J. Jürgensen et K. Bardwell (¹) ont indiqué que le potentiel normal du système oxydoréducteur constitué par les acides lactique et pyruvique était à 32° C. de $+0,316$ volt. Cette valeur trop élevée s'explique sans doute par l'emploi qu'ont fait ces auteurs, comme corps électroactif, d'un indicateur dont le potentiel normal s'écarte trop de celui du système étudié.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *La nature chimique du neutron.* Note de M. **Pierre Achalme**, présentée par M. Charles Richet.

Si l'on ne veut pas la ramener à la simple création d'un mot nouveau, la notion de neutron doit sortir de la phase spéculative et abstraite où elle est encore confinée. Il serait donc peut-être temps de chercher à définir ce nouveau corps auquel fait encore défaut un état civil chimique.

En les réalisant dans le domaine concret, le neutron, d'après les idées en cours, serait une sorte d'état allotropique de *l'atome* d'hydrogène dont la neutralité permanente résulterait du fait que le proton du noyau et l'électron qui l'accompagne serait, pour une cause inconnue, pratiquement inséparables. Il est vrai que, si l'on connaît expérimentalement sa neutralité électrique et sa force de pénétration en tant que projectile, on ne possède sur sa masse atomique qu'une intuition de Chadwick, adoptée jusqu'ici sans aucune mesure directe.

Il n'est pas besoin d'insister sur les difficultés théoriques que soulève cette solution artificielle du problème. Il s'agirait, en effet, d'ajouter une supposition nouvelle aux postulats discutables et aux hypothèses adventices sur lesquels est édifié le modèle atomique de Rutherford-Bohr.

(¹) *XIVᵉ Congresso Intern. Fisiolog.*, 1932, p. 27.

Tout devient, au contraire, très simple si l'on admet, ainsi que je l'ai formulé dès 1912, que la valeur absolue de la charge de l'électron négatif est double de celle de la charge positive de l'unité de matière, du proton, si l'on veut. Ce postulat n'est, en effet, en contradiction avec aucun fait expérimental et donne de chacun une explication simple et satisfaisante.

Le neutron serait alors formé de l'union intime *sous la forme atomique* de deux protons et d'un électron et aurait comme poids atomique 2. Cette manière de comprendre le nouveau corps est corroborée par les recherches sur les états allotropiques *de la molécule* d'hydrogène (ortho et parahydrogène). On sait depuis longtemps (Eucken) qu'à la température 50° absolue, l'hydrogène se comporte au point de vue de la loi de Dulong et Petit *comme un gaz monoatomique*. Le développement de ce fait a abouti à la constatation des deux états allotropiques de l'hydrogène. Le gaz parahydrogène, présentant les caractéristiques d'un gaz monoatomique, et le neutron ne seraient qu'une seule espèce chimique, ne différant de la molécule ortho que par la distance des centres des deux sphères qui les composent.

Ce n'est pas tout. Récemment, Urey, Brickweld et Murphy (¹) ont signalé, à l'aide du spectroscope de masse, la présence dans l'hydrogène d'un isotope de masse 2.

Enfin, s'appuyant sur des considérations théoriques, Fournier (²) a admis dans la composition des atomes, l'existence d'un demi-hélium, c'est-à-dire d'un composant de poids atomique 2 auquel il n'a pas assigné de caractères plus concrets.

Il semble donc que, sous des noms et en raison de déductions absolument différentes, mais convergentes, les physiciens d'une part, les chimistes de l'autre, seraient d'accord pour admettre l'existence réelle d'un corps simple de poids atomique 2 qui pouvait être facilement prévu comme un atome neutre par notre théorie de la formation des atomes et des molécules.

Il en est de même du gaz X^3 découvert par J. J. Thomson et correspondant probablement au corps β de Lecoq de Boisbaudran, au nébulium et au protofluore de Norman Lockyer, corps gênant que l'on a cru devoir ensevelir dans le silence en le présentant comme une polymérisation de l'hydrogène, hypothèse inacceptable pour les chimistes.

La fragilité des corps à poids atomique 2 et 3 s'explique par leur structure même. L'agrégat de deux sphères ne se faisant que suivant une dimen-

---

(¹) UREY, BRICKWELD et MURPHY, *Phys. Rev.*, 39, 1932, p. 164-165.

(²) G. FOURNIER, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1343.

sion, et celui de trois suivant les deux dimensions d'un plan. L'atome d'hélium de poids atomique 4 apparaît comme le premier agrégat résistant, les quatre sphères pouvant se grouper à la distance atomique sous forme d'une pyramide triangulaire régulière, c'est-à-dire d'un solide difficilement déformable.

La série atomique commencerait ainsi de la manière suivante :

1. Proton, possédant une charge positive.
2. Neutron, deux protons, un électron électriquement neutre.
3. Corps X^3, trois protons, un électron, possédant une charge positive,
4. Particules α, 4 protons, un électron, double charge positive, se transforme en molécule neutre d'hélium par fixation d'un électron extra-atomique.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'oxydation de l'hydrosulfite de sodium par l'oxygène libre.* Note de M. **Maurice Nicloux**, présentée par M. Georges Urbain.

L'étude de l'acide hydrosulfureux, découvert par P. Schutzenberger en 1869, a suscité un très grand nombre de travaux qui ont porté principalement, les uns, sur ses propriétés réductrices et son oxydation, les autres, sur sa formule, son dosage, sa constitution.

L'hydrosulfite de sodium, en tant que réducteur, fait passer certains sels du maximum au minimum ou même libère le métal, avec formation de sulfite; son attaque par les agents oxydants énergiques conduit au sulfate. Ces réactions sont en général régulières, souvent quantitatives, et comme telles utilisées en analyse.

L'hydrosulfite de sodium jouit encore, vis-à-vis de l'oxygène, d'une autre propriété : celle d'absorber ce gaz, *libre*, propriété d'un intérêt capital aussi bien en chimie pure qu'appliquée. Or nos connaissances sur la réaction ainsi mise en jeu sont des plus limitées, voire contradictoires : tout d'abord Schutzenberger et Risler (¹) notent le fait parfaitement exact qu'une même quantité d'hydrosulfite absorbe deux fois plus d'oxygène en dissolution dans l'eau qu'elle n'en soustrait à un sel cuivrique en le transformant en sel cuivreux, mais ils émettent l'hypothèse d'une formation de dithionate, hypothèse qu'ils abandonnent d'ailleurs presque aussitôt; Jellinek ensuite, dans l'importante monographie en deux volumes qu'il a publiée

(¹) *Bull. Soc. chim.*, 2ᵉ série, 19, 1873, p. 152.

sur l'hydrosulfite, ne consacre à cette question de l'oxydation de l'hydrosulfite de sodium par l'oxygène libre que quelques lignes peu explicites [1], et enfin, dans une publication parue récemment [2], on ne mentionne aucun travail où elle ait été spécialement traitée. Or au cours de recherches biologiques que je poursuis sur le pigment sanguin, j'ai eu justement besoin de données analytiques précises sur ce point particulier de la chimie des hydrosulfites; ne les ayant pas trouvées, j'ai dû les déterminer. J'ai opéré comme suit [3].

Dans 500 à 600^{cm^3} d'eau distillée saturée d'air ou d'oxygène, ce dernier ayant été évalué très exactement par ma méthode [4], on ajoute quelques gouttes de sang puis de l'hydrosulfite de sodium [5] en quantité telle que ce sel après avoir enlevé à l'eau tout l'oxygène en dissolution, réduise l'oxyhémoglobine (spectre à deux bandes) qui passe à l'état d'hémoglobine (spectre à une bande). Ceci fait, on répète l'expérience avec la même eau, le même poids d'hydrosulfite mais sans ajouter le sang [6] et l'on dose, leur identification ayant été antérieurement faite : le sulfite formé, en recevant une partie du liquide déplacé par CO^2 dans un excès d'iode titré; le sulfate, par précipitation et pesée du sulfate de baryum. On reconnaît alors que pour 1^{mol} de $S^2O^4Na^2$ il se forme 1^{mol} de sulfite et 1^{mol} de sulfate en même temps que disparaît 1^{mol} d'oxygène [voir ci-dessous réaction (II)].

Ainsi donc, tenant compte des faits anciens ainsi que de ceux établis dans cette Note, on peut concevoir pour l'hydrosulfite trois modes d'oxydation différents :

$$\text{(I)} \qquad S^2O^4Na^2 + 0,5\,O^2 + H^2O = 2\,SO^3NaH,$$

$$\text{(II)} \qquad S^2O^4Na^2 + O^2 + H^2O = SO^3NaH + SO^4NaH,$$

$$\text{(III)} \qquad S^2O^4Na^2 + 1,5\,O^2 + H^2O = 2\,SO^4NaH.$$

La première réaction traduit les propriétés réductrices de l'hydrosulfite de sodium, ce sel enlevant l'oxygène à un corps qui en contient; la seconde,

---

(1) K. Jellinek, *Das Hydrosulfit*, Teil I. 188 pages, 15 figures (Enke, Stuttgarte 1911). On y trouve cependant indiqué le travail de J. Meyer (*Z. f. anorg. Chemie*, 34, 1903, p. 43) dans lequel cet auteur mentionne que l'oxydation de l'hydrosulfit, par l'oxygène libre s'effectue suivant deux réactions qui conduisent : la première, la plus importante, au sulfite et au sulfate, la seconde au sulfite seul.

(2) P. Pascal, *Traité de Chimie minérale*, 2, (Masson et Cie, Paris, 1932).

(3) Un Mémoire d'ensemble paraîtra dans un autre Recueil, on y trouvera les détails de l'expérimentation dont ce qui va suivre n'est qu'un schéma.

(4) *Comptes-rendus*, 191, 1930, p. 259; *Bull. Soc. Chim. biol.*, 12, 1930, p. 1326.

(5) Produit commercial à 95 pour 100 environ.

(6) Les protéines gêneraient les opérations analytiques ultérieures.

l'oxydation de l'hydrosulfite par l'oxygène libre, une molécule d'hydrosulfite fixe alors deux fois plus d'oxygène; la troisième enfin, l'action des agents oxydants énergiques.

Disons pour terminer que les réactions (I) et (II) paraissent cadrer [1] avec la formule de constitution généralement adoptée de l'hydrosulfite de sodium

$$OS\langle^{Na}_{(SO^3Na)}.$$

On peut supposer, en effet, qu'une hydrolyse contemporaine à l'oxydation libère tout d'abord le radical bisulfitique — de telle sorte que l'on observera toujours la formation d'une molécule de bisulfite SO^3NaH, composé relativement stable — en même temps que prendra naissance le sulfoxylate SO^2NaH qui, lui, agira comme réducteur en donnant une nouvelle molécule de sulfite, ou subira l'action de l'oxygène gazeux en donnant une molécule de sulfate.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la présence d'éthers-esters du glycérol dans diverses huiles de foie d'Élasmobranches et sur quelques caractères analytiques particuliers à ces huiles.* Note de MM. **Émile André** et **Armand Bloch**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans une précédente Note [2], nous avons signalé qu'il existe dans l'huile de foie de Liche, *Scymnorhinus Lichia* Bonnaterre, des combinaisons particulières du glycérol qui sont à la fois des diglycérides et des éthers-oxydes d'alcools de haut poids moléculaire. La saponification de ces composés fournit d'une part des savons et d'autre part des glycols-éthers-oxydes, les glycols chimylique, batylique et sélachylique.

Nous avons examiné, en vue d'y déceler la présence de ces éthers-esters, les huiles retirées du foie de divers squales : Centrine humantin, *Centrina Salviani* Risso, Requin griset, *Hexanchus griseus* Rafinesque, Requin du Groenland, *Somniosus microcephalus* Bloch et Schneider.

Ces trois huiles dont nous pouvons garantir l'authenticité possédaient un indice d'acétyle très faible; par contre, nous en avons retiré une proportion

---

[1] La réaction (III) ne peut être retenue : elle conduit en effet à l'acide sulfurique, terme final de l'oxydation complète.

[2] *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 627.

importante de matières insaponifiables d'indice d'acétyle élevé. Le très haut indice d'acétyle de ces insaponifiables suffit à lui seul à démontrer la présence d'une proportion élevée de glycols spéciaux dérivant du glycérol. La valeur théorique de l'indice d'acétyle est en effet pour le glycol chimylique 380, pour le glycol batylique 349, pour le glycol sélachylique 351. Par déduction, on est conduit à admettre l'existence des éthers-esters du glycérol dans les huiles dont on peut retirer des matières insaponifiables de haut indice d'acétyle.

	Matières insaponifiables. pour 100.	Indice d'acétyle de l'huile.	Indice d'acétyle, matières insaponifiables.
Huile de foie de : *Centrina Salviani*........	29,2	1,2	336
» *Hexanchus griseus*........	17,8	2,3	326
» *Somniosus microcephalus*..	18,8	1,6	283

Ce caractère analytique est en défaut lorsque les huiles étudiées contiennent une forte proportion de carbures d'hydrogène (squalène ou autres). En pareil cas, les glycols spéciaux, s'ils existent, sont noyés dans une grande masse de carbures; tel est le cas des huiles de foie de *Scymnorhinus Lichia* et de *Centrophorus granulosus* pour ne citer que ces deux exemples.

Nous avons reconnu qu'un autre caractère analytique des huiles à éthers-esters, plus général et plus constant, peut être tiré de l'examen comparé des propriétés optiques des huiles et des matières insaponifiables qu'on en retire. Les huiles de foie de squale que nous avons examinées possèdent le pouvoir rotatoire gauche, leur saponification fournit des acides gras et du glycérol inactifs, et les substances lévogyres s'accumulent dans l'insaponifiable dont le pouvoir rotatoire devrait, si la saponification ne modifiait pas ce caractère, être considérablement plus élevé que celui de l'huile primitive. Pour en comparer utilement la valeur avec celle que fournit l'examen polarimétrique de l'huile, il est indispensable de ramener par le calcul les substances optiquement actives de l'insaponifiable à la dilution où elles se trouvaient avant la saponification. On obtient ainsi une valeur que nous désignons sous le nom de pouvoir rotatoire de l'huile saponifiée et qui nous a permis de mettre en évidence, pour les cinq huiles qui figurent dans le tableau ci-après, une diminution considérable d'activité optique à la saponification.

Huile de foie de :	Pouvoir rotatoire de l'huile (¹) $(\alpha)_D^{20°}$.	Proportion des matières insaponifiables pour 100.	Pouvoir rotatoire (¹) des insaponifiables $(\alpha)_D^{20°}$.	Pouvoir rotatoire de l'huile saponifiée $(\alpha)_D^{20°}$.	Diminution d'activité optique à la saponification pour 100.
Centrina Salviani...........	—4°.7'	29,2	— 4°.8'	—1°.12'	71
Hexantus griseus...........	—2.10	17,8	— 3.24	—0.36	72
Scymnorhinus Lichia.......	—1.29	64,0	— 0.33	—0.21	76
Centrophorus granulosus....	—0.32	88,1	— 0.10	—0. 9	72
Somniosus microcephalus...	—3.14	18,8	—10.29	—1.58	39

Des trois glycols chimylique, batylique et sélachylique, le dernier seul est doué du pouvoir rotatoire. Nos recherches nous conduisent à admettre que ce glycol pris sous la forme des diesters qu'il fournit avec les acides gras, est environ quatre fois plus lévogyre qu'il ne l'est à l'état libre, et que c'est à cette particularité qu'est due la diminution considérable d'activité optique provoquée par la saponification (²).

Par ailleurs, l'étude d'une huile de foie de pèlerin jeune, riche en esters gras des cholestérols, nous a montré qu'au contraire, ces derniers alcools conservent, à une faible différence près, la même activité optique à l'état libre qu'à l'état d'esters gras.

La diminution moins accentuée du pouvoir rotatoire de l'huile de *Somniosus microcephalus* saponifiée, nous conduisait à penser qu'à côté des glycols spéciaux, il doit exister dans ses matières insaponifiables une proportion appréciable de cholestérols, l'examen plus approfondi que nous en avons fait a confirmé cette conclusion.

En résumé : 1° les huiles à éthers-esters du glycérol que l'on retire des foies de certains élasmobranches fournissent parfois des matières insaponifiables de haut indice d'acétyle, mais ce caractère est en défaut s'il y existe en même temps une quantité élevée de carbures d'hydrogène; 2° les huiles à éthers-esters que nous avons étudiées sont lévogyres, et leur saponification entraîne une diminution très accentuée de l'activité optique dont on ne retrouve plus qu'une faible partie dans les insaponifiables. Ce caractère est plus général que le précédent.

(¹) Solution chloroformique à 1/3 (en vol.), tube de 10ᶜ.

(²) L'inactivité ou le très faible pouvoir rotatoire des glycols chimylique et batylique n'impliquent pas nécessairement que leurs esters gras en sont exempts.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur deux méthylaminocyclohexanols et leur dédoublement en leurs antipodes optiques.* Note de MM. **Marcel Godchot** et **Max Mousseron**, présentée par M. Delépine.

En vue d'étendre les recherches déjà publiées par nous ([1]) et concernant l'obtention d'aminocyclanols actifs, il nous a paru interessant d'obtenir des dérivés actifs substitués, soit dans le noyau, soit à l'azote, afin de comparer le pouvoir et la dispersion rotatoires des divers énantiomorphes. Dans cette Note, nous nous proposons de faire connaître les résultats relatifs aux deux aminocyclohexanols suivants :



Méthyl-4-amino-2-cyclohexanol-1. Méthylamino-2-cyclohexanol-1.

A. *Méthyl-4-amino-2-cyclohexanol-1.* — Déjà obtenu par Kötz et Merkel ([2]) par action de l'ammoniaque à 100° sur le méthyl-4-époxy-1-2-cyclohexane et décrit par eux sous forme huileuse, ce corps a pu être préparé par nous, par le même procédé, mais à l'état cristallisé ($Eb_{15} = 116°$-$117°$; $F = 27°$; chlorhydrate, $F = 130°$-$131°$; dérivé acétylé, $Eb_{15} = 198°$-$200°$; picrate, $F = 180°$, dec). Signalons en outre l'obtention dans cette réaction d'une certaine quantité d'amine secondaire, la bis (méthyl-4-hydroxy-1-cyclohexyl) amine $NH[-_{(2)}C^6H^9(OH)_1(CH^3)_4]^2$ ($Eb_{16} = 205°$-$206°$, chlorhydrate, $F = 266°$-$267°$, picrate, $F = 260°$, dec); dérivé mononitrosé, $F = 142°$-$143°$).

a. Le tartrate acide *d* du méthyl-4-amino-2-cyclohexanol-1 ($F = 130°$-$131°$; $\alpha_D = \pm 14°,81$), mis en dissolution dans l'alcool éthylique à 85°, se scinde par cristallisations fractionnées et répétées en tartrate acide *d* de l'aminoalcool droit peu soluble (aiguilles; $F = 124°$-$125°$, $\alpha_D = +25°,27$) et en tartrate acide *d* de l'aminoalcool gauche très soluble (prismes; $F = 154°$-$155°$; $\alpha_D = +5°,82$).

([1]) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 981 et 2061; *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **51**, 1932, p. 1270 et 1277.

([2]) *Journ. für prakt. Chemie*, 2e série, **113**, 1926, p. 62.

b. Le tartrate acide *l* du même aminoalcool racémique ($F = 130^\circ$-131°; $\alpha_D = -14^\circ,93$) se sépare également, par cristallisations dans le même solvant, en ses énantiomorphes, le tartrate *l* de la base gauche peu soluble ($F = 124^\circ$-125°; $\alpha_D = -25^\circ$) et le tartrate *l* de la base droite très soluble ($F = 154^\circ$-155°; $\alpha_D = +5^\circ,82$).

Les bases actives *d* et *l*, obtenues par action de la potasse sur les tartrates séparés plus haut et extraction à l'éther, sont cristallisées ($Eb_{16} = 110^\circ$-111°; $F = 24^\circ$; $\alpha_D = \pm 16^\circ,60$).

B. *Méthylamino-2-cyclohexanol-1*. — Non signalé jusqu'ici, nous l'avons obtenu par action, à 110°, de la méthylamine sur l'époxycyclohexane ($Eb_{17} = 108^\circ$-109°; $F = 25^\circ$; chlorhydrate. $F = 114^\circ$-115°). Par cristallisations répétées du tartrate acide *d*($F = 120^\circ$-121°; $\alpha_D = +13^\circ,05$) dans un mélange d'alcool à 95° (4 parties) et d'acétone (1 partie), on isole le tartrate acide *d* de la base droite peu soluble ($F = 146^\circ$-147°; $\alpha_D = +43^\circ,58$) et le tartrate acide *d* de la base gauche très soluble ($F = 137$-138°; $\alpha_D = -18^\circ,02$).

Les bases actives *d* et *l* provenant de ces deux tartrates sont cristallisées ($F = 23^\circ$; $Eb_{17} = 106^\circ - 107^\circ$; $\alpha_D = \pm 82^\circ,82$).

C. La comparaison des pouvoirs rotatoires des nouvelles bases actives obtenues par nous indique que la substitution méthylée à l'azote augmente beaucoup le pouvoir rotatoire, tandis que celle réalisée dans le noyau le diminue notablement. Rappelons en effet que les amino-2-cyclohexanols *d* et *l* ont comme pouvoir rotatoire $\alpha_D = \pm 40^\circ,10$.

Quant au rapport de dispersion rotatoire, on obtient pour le méthylamino-2-cyclohexanol *l* droit $\alpha\, 436/\alpha\, 546 = 163^\circ,46/99^\circ = 1,65$ et pour le méthyl-4-amino-2-cyclohexanol *l* droit $\alpha\, 436/\alpha\, 546 = 31^\circ,27/19^\circ,21 = 1,627$; cette constante approchée du rapport, déjà indiquée par nous, pour les amino-2-cyclopentanols et les amino-2-cyclohexanols actifs, mérite d'être signalée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Déshydratation potassique des alcools β-phényléthyliques halogénés dans le noyau. Halogénostyrolènes.* Note de MM. **L. Palfray**, **S. Sabetay** et Mlle **Denise Sontag**, présentée par M. M. Delépine.

Nous avons montré, dans différentes Notes précédentes, que la déshydratation potassique du groupement éthylol, contigu au noyau benzénique,

constitue en quelque sorte une méthode générale de préparation des carbures non saturés du type styrolène. Elle s'applique aux noyaux simples soit condensés, aux glycols aromatiques contenant plusieurs éthylols primaires, aux amino-phényléthanols, etc. Nous montrerons dans la présente Note que les β-phényléthanols *halogénés dans le noyau* se déshydratent par la potasse avec la même facilité, sans que l'halogène du noyau soit arraché.

L'halogénation, dans le noyau, de l'alcool phényléthylique primaire, s'effectue aisément au moyen de brome liquide ou de chlore gazeux, en partant soit de l'halogénure de β-phényléthyle, soit de l'alcool libre. On obtient des mélanges d'isomères de position, constitués principalement par les dérivés ortho et para, comme le montre l'oxydation permanganique.

Bromuration du bromure de β-phényléthyle. — On ajoute à froid, par petites portions, du brome liquide ($2^{mol},5$) à une molécule de bromure de phényléthyle, en présence de limaille de fer comme catalyseur. Le dégagement de BrH est immédiat et abondant. Le produit de la réaction, lavé et fractionné, est constitué par le *bromo-bromure de phényléthyle*

$$BrC^6H^4 - CH^2 - CH^2Br,$$

liquide possédant les constantes

$$Eb_{15} = 143\text{-}144^\circ; \quad D_4^{19} = 1,7541; \quad n_D^{19} = 1,5950;$$
R. M. trouvée 51,14; calculée 51,07.

Dosage du brome total (Baubigny-Chavanne modifié) : trouvé 60,32 p. 100; calculé 60,60 pour 100.

Chauffé en milieu acétique, avec de l'acétate de potassium, le bromo-bromure se transforme en *acétate de bromo β-phényléthyle*

$$BrC^6H^4 - CH^2 - CH^2 - O - CO - CH^3,$$
$$Eb_{15} = 148\text{-}149^\circ; \quad d_4^{18} = 1,3958; \quad n_D^{18} = 1,5380;$$
R. M. trouvée 54,48; calculée 54,20,

qui, par saponification alcaline aboutit au *bromo-β-phényléthanol*

$$BrC^6H^4 - CH^2 - CH^2OH,$$

liquide assez épais, possédant les constantes

$$Eb_{15} = 144,5\text{-}145^\circ,5; \quad d_4^{16,5} = 1,4845; \quad n_D^{16,5} = 1,5760;$$
R. M. trouvée 44,86; calculée 44,81.

Dosage du brome : trouvé 39,90; calculé 39,80. L'oxydation permanganique, en milieu alcalin, aboutissant à un mélange d'acides ortho et para-

bromo-benzoïques, on doit en conclure que les dérivés halogénés décrits ci-dessus sont des mélanges d'isomères ortho et para.

Bromuration directe du β-phényléthanol. — En laissant en contact, à froid, le brome avec l'alcool phényléthylique, en présence de limaille de fer, on n'observe aucun dégagement de BrH. Au bout de 17 jours, on isole un peu de têtes (bromure de β-phényléthyle) et 88 à 90 pour 100 d'un mélange, inséparable par distillation, consistant en bromure de bromophényléthyle et bromophényléthanol. Le dosage du brome de la chaîne et du noyau indique une proportion de 69 pour 100 d'alcool bromé et de 31 pour 100 de bromo-bromure.

Chloruration directe du β-phényléthanol. — On fait barboter un courant de chlore pur et sec à travers le β-phényléthanol froid, contenant une trace d'iode comme catalyseur. Par distillation fractionnée, on isole le *chloro-β-phényléthanol*, $ClC^6H^4 - CH^2 - CH^2OH$, liquide assez épais possédant les constantes

$$Eb_{11} = 130\text{-}131^\circ; \quad d_4^{17} = 1,1807; \quad n_D^{17} = 1,5489; \quad \text{R. M. trouvée } 42,12; \text{ calculée } 41,9.$$

Dosage du chlore (Baubigny-Chavanne) : trouvé 22,75 pour 100; calculé 22,68 pour 100. L'oxydation permanganique aboutissant à un mélange d'acides ortho et parachlorobenzoïques, on doit considérer cet alcool chloré comme un mélange d'isomères ortho et para.

La déshydratation potassique de l'alcool bromophényléthylique s'effectue en versant goutte à goutte l'alcool bromé (1^{mol}) sur la potasse caustique ($1^{mol},5$) fondue et en recueillant le distillat. Par rectification, on isole le *bromostyrolène* (mélange d'isomères ortho- et para-) $BrC^6H^4 - CH = CH^2$, possédant les constantes

$$Eb_{15} = 88\text{-}90^\circ, \quad d_4^{18} = 1,4020, \quad n_D^{18} = 1,5940; \quad \text{R.M. trouvée } 44,30; \text{ calculée } 42,78;$$

d'où

$$E\Sigma_D = +0,83; \quad \text{Br pour 100: trouvé } 43,65; \text{ calculé } 4371.$$

Par action du brome en solution chloroformique, on obtient deux dibromures, l'un solide (F. 59°,5), l'autre liquide. D'autre part, la polymérisation du bromostyrolène conduit à des résines blondes.

Pratiquement, il est inutile de préparer l'alcool bromé pur. On peut partir directement du mélange tel quel d'alcool bromé et de bromo-bromure, obtenu par action directe du brome sur le phényléthanol. On obtient ainsi rapidement, et avec des rendements excellents, le styrolène bromé.

Par déshydratation potassique du *chlorophényléthanol*, on obtient le

chlorostyrolène (mélange d'ortho- et de para-), $ClC^6H^4-CH=CH^2$, possédant les constantes :

$$Éb_{15}=71°,5\text{-}72°,5;\quad d_4^{17}=1,0909,\quad n_D^{17}=1,5658;$$
$$\text{R. M. trouvée } 41,2;\quad \text{calculée } 39,94.$$
$$E\Sigma_0=+0,94;\quad \text{Cl pour 100 : trouvé } 25,37;\quad \text{calculé } 25,63.$$

Par fixation de brome, on obtient deux dibromures, l'un solide (F. 53-54°), l'autre liquide.

Ajoutons que les phényléthanols primaires halogénés dans le noyau étaient inconnus. Quant aux halogénostyrolènes, ils avaient été préparés par d'autres voies, à partir des alcools phényléthyliques secondaires correspondants (bromostyrolène : Ziegler et Tiemann, R. Quelet; chlorostyrolène : Staudinger et Suter) ou par enlèvement catalytique de ClH à $C^6H^4Cl.C^2H^4Cl$ (chlorostyrolène : D. R. P. n° 559737 de I. G.).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les oxydes et sur les polyalcools dérivés du cyclohexadiène*-1.3. Note (1) de MM. **Pierre Bedos** et **Adrien Ruyer**, présentée par M. P. Sabatier.

Nous avons signalé récemment (2) que le cyclohexadiène-1.3 donne naissance, dans diverses circonstances, à un mono-oxyde et à un dioxyde; or, théoriquement, la formation de trois mono-oxydes dérivés du cyclohexadiène-1.3 et celle de deux dioxydes peuvent être envisagées :

(I). (II). (III). (IV). (V).

(1) Séance du 20 février 1933.

(2) Bedos et Ruyer, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 802.

La présente Note a pour but de faire connaître les résultats de nos recherches sur la constitution des oxydes obtenus par nous, de signaler leurs propriétés et de décrire les polyalcools auxquels ils donnent naissance par hydratation.

Mono-oxyde du cyclohexadiène-1.3. — Les mesures comparatives de densité, d'indice de réfraction et de dispersion ne révèlent aucune différence appréciable entre les échantillons de mono-oxyde engendrés par des voies différentes; on obtient un liquide incolore $E_{744} = 137°$ (avec résinification d'un quart du produit), $E_{22} = 45°$ (sans altération), $D_4^{22} = 1,0213$, $n_D^{22} = 1,4785$, RM = 26,63 (calculée pour $C^6H^8O|^{=}$: 26,68).

La propriété caractéristique de cet oxyde est son aptitude réactionnelle particulièrement remarquable : sa chaleur moléculaire d'hydratation (eau pure) est voisine de 15 grandes calories, ce qui permet son hydratation par l'eau pure à 0°.

Hydraté sans précaution spéciale, il fournit un produit visqueux pratiquement incristallisable, qui, par hydrogénation ultérieure, donne naissance à un mélange, en proportions légèrement variables, de cyclohexanediols ortho et para trans. Le diol ortho prédomine dans tous les cas, mais la teneur en diol para décroît suivant l'origine de l'oxyde dans l'ordre suivant : oxyde issu de la chlorhydrine, oxyde obtenu par oxydation directe du carbure à l'aide de l'acide perbenzoïque, oxyde provenant de l'iodhydrine.

Glycol ortho (*vraisemblablement cyclohexène*-3.4-*diol*-1.2)

```
           CH OH
     H²C ⁄      ╲ CH.OH
        |        |
     H²C ╲      ⁄ CH
           CH
```

La technique la plus sûre pour son obtention consiste à effectuer une hydratation fractionnée à 0°, à extraire soigneusement à l'éther les solutions aqueuses, à évaporer l'eau à froid sous vide en présence de H^2SO^4, et à faire cristalliser le produit dans l'acétone ou l'acétate d'éthyle.

Ce glycol se présente sous la forme de cristaux tabulaires monocliniques F = 77°, dibromure F = 130-131°, dibenzoate F = 77° (fusion lente mais franche). Par hydrogénation (Pt, CH^3OH absolu), il fournit intégralement le cyclohexane-diol-1.2 trans F = 104°, dibenzoate F = 92°, bisphénoluréthane F = 215°.

Cyclohexène-2.3-diol-1.4 :

```
            CH OH
H²C  ╱       ╲ CH
   │           ║
H²C  ╲       ╱ CH
            CH OH
```

L'obtention de ce glycol dont la proportion est toujours minime a été particulièrement laborieuse. Toutes les queues de cristallisations (60^g environ) provenant d'hydratations dans des conditions diverses de 500^g d'oxyde brut, après maintes distillations fractionnées sous un vide très poussé, et plusieurs centaines de cristallisations, nous ont fourni 15^g de ce glycol.

Celui-ci se présente sous la forme de beaux cristaux F = 86°, dibromure F = 157°, dibenzoate F = 96°,5. Par hydrogénation (Pt, CH^3OH absolu) il fournit presque quantitativement le cyclohexane-diol-1.4 trans F = 139°, dibenzoate F = 151°, bisphényluréthane F = 266°.

En résumé, de ces résultats, il semble établi que le cyclohexadiène-1.3 donne naissance à un mélange de deux mono-oxydes, que nous n'avons pas réussi encore à séparer; mais les deux glycols correspondants, obtenus à l'état pur, montrent que ce mélange d'oxydes est composé vraisemblablement d'ortho (formules I ou II) et de para (formule III).

Il est intéressant de noter que dans cette série non saturée, comme dans la série cyclanique saturée, l'oxyde d'éthylène engendre l'isomère trans; par contre, l'action du tétra-acétate de plomb sur le cyclohexadiène-1.3 conduit au cyclohexène-3.4-diol-1.2 cis [1].

Dioxyde du cyclohexadiène-1.3 et cyclohexane-tétrols-1.2.3.4. — La constitution de ce dioxyde découle de celle du mono-oxyde utilisé pour sa préparation (oxydation perbenzoïque) : elle correspond vraisemblablement à celle d'un diépoxy-(1.2)-(3.4)-cyclohexane (formule IV).

Liquide incolore, légèrement visqueux, $E_{11} = 66°$, $D_4^9 = 1,1914$, $n_D^9 = 1,4820$, RM = 26,79 (théorie pour $C^6H^8O^2$: 26,59). Hydraté soit vers 140° par l'eau pure, soit vers 95° en présence d'une trace de H^2SO^4, il donne naissance à un mélange de deux cyclohexane-tétrols-1.2.3.4 que nous avons pu séparer par l'intermédiaire des tétrabenzoates : tétrol F = 210° (tétrabenzoate F = 146°), tétrol F = 187° (tétrabenzoate F = 260°), dans la proportion de deux tiers du premier pour un tiers de l'autre.

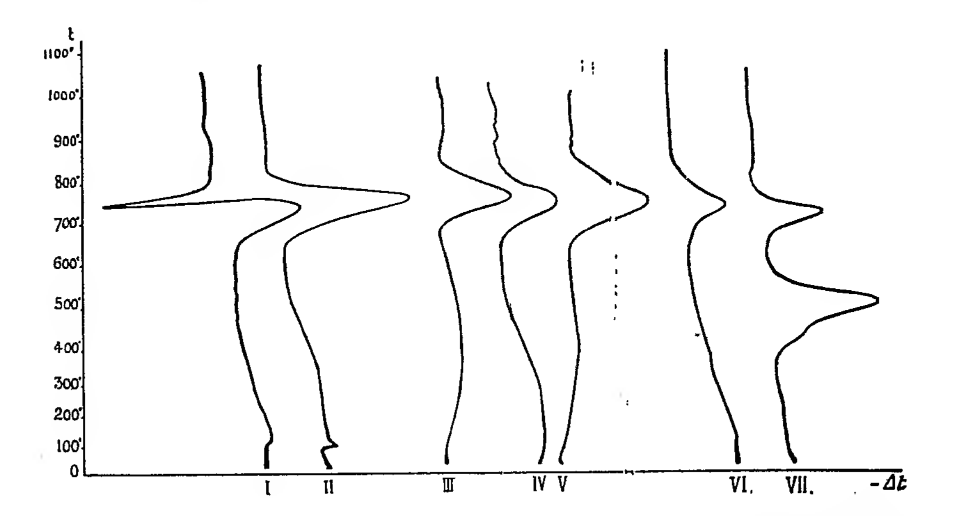
---

(1) Criege, *Annalen der Chemie*, 481, 1930, p. 263.

MINÉRALOGIE. — *Étude de la dissociation thermique des minéraux des serpentines.* Note de Mlle **Simonne Caillère**.

Une étude de la dissociation thermique des minéraux de la famille des serpentines, que j'ai entreprise à l'aide du galvanomètre double de Saladine-Le Chatelier [1], a montré que l'on pouvait y distinguer deux groupes :

1° Le premier est caractérisé par une courbe de dissociation présentant un crochet endothermique dû au départ de l'eau à 650° et suivi presque



immédiatement d'un crochet exothermique à 750°. Le type le plus représentatif de ce groupe est l'antigorite à clivages pseudocubiques de Tilly-Foster (courbe 1) déjà étudiée par M. J. Orcel [2].

La métaxite de Moncaup, de Reichenstein, le picrolite de la vallée d'Aoste, la marmolite de New-Jersey se comportent comme l'antigorite de Tilly-Foster.

2° Le second groupe, le plus répandu dans ceux que j'ai étudiés, ayant pour type le chrysotile soyeux de Montville (courbe II) est caractérisé uniquement par le phénomène endothermique dû à la déshydratation du minéral à 650°. La même courbe est obtenue avec les chrysotiles des Vosges, de Médous, de l'Oural, du Transvaal, du Canada (de Thetford, de Black

(1) *Revue de Métallurgie*, 1, 1904, p. 134.

(2) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 565.

Lake), l'antigorite d'Antigorio (courbe V), de Zermatt, le picrolite du Texas, la bowenite de Rhodes Island, du Turkestan chinois (courbe III), la williamsite du Texas et avec l'échantillon étiqueté dans la collection du Muséum « picrosmine » du Tyrol (courbe IV). Les minéraux de ces deux groupes ne renferment que très peu d'eau hygroscopique. La courbe VII présente un crochet endothermique supplémentaire à 400° correspondant à la déshydratation de la brucite; elle est donnée par un chrysotile de la province de Québec, analogue à celui qui a fourni la courbe VI, mais renfermant des fibres très fines de brucite comme le confirment d'ailleurs l'examen microscopique et l'analyse chimique.

Tchernych [1] a signalé comme courbe caractéristique des chrysotiles cette courbe à deux départs d'eau ; on peut donc se demander si les échantillons étudiés par lui ne contenaient pas aussi de la brucite. Les noms donnés aux minéraux des serpentines sont basés sur les différences de faciès, mais l'analyse chimique ne permet pas de distinction comme le montrent les analyses suivantes que j'ai faites sur les échantillons auxquels correspondent les courbes figurées.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
SiO^2	39,13	41,07	43,60	42,86	40,75	32,45	28,76
Al^2O^3	–	–	0,03	1,48	2,51	2,57	0,88
Fe^2O^3	2,49	–	–	3,96	3,47	17,61	5,37
FeO	1,74	1,05	0,40	2,03	3,12	1,30	2,02
CaO	0,50	0,58	0,55	0,46	1,62	0,40	0,41
MgO	40,58	42,33	42,58	37,57	36,94	33,59	44,34
TiO^2	–	–	–	traces	0,06	–	–
H^2O+	2,80	0,77	0,90	0,31	0,31	0,83	0,88
H^2O-	13,19	13,92	12,02	11,56	11,74	11,34	16,86
Total	100,43	99,72	100,08	100,23	100,52	100,09	99,52
Densité	2,368	2,498	2,589	2,645	2,550	2,520	2,499
Indices n_p	–	1,546	–	–	–	1,543	1,542
» n_m	1,537	–	1,559	1,572	1,569	–	–
» n_g	–	1,550	–	–	–	1,551	1,555

I. Antigorite, Tilly-Foster. — II. Chrysotile, Montville. — III. Bowenite, Turkestan. IV. Picrosmine, Tyrol. — V. Antigorite, val. Antigorio. — VI et VII. Chrysotile, prov. Québec.

Ces analyses concordent très bien avec la formule habituellement admise $H^4Mg^3Si^2O^9$; toutefois il faut remarquer que le chrysotile de la

(1) *Bull. Soc. Russe Minér.*, 2e série, 55, fasc. I, 1926.

province de Québec (an. VI) renferme une forte proportion de magnétite et d'oligiste et que son analyse globale n'a été faite que pour la comparer dans les mêmes conditions avec celle du chrysotile de la même localité renfermant de la brucite (an. VII).

Les valeurs de la densité (mesurée à l'aide de la balance hydrostatique en utilisant le xylol comme liquide d'immersion et en faisant le vide avant la détermination de la poussée) et des indices [mesurés par la méthode d'immersion de M. Gaubert (1)] varient un peu suivant la teneur en silice et en oxydes de fer mais ne permettent pas de classification nette.

La distinction des minéraux de cette famille est uniquement basée, jusqu'ici, sur la détermination du signe optique (2), parfois délicate. L'analyse thermique apporte un nouvel élément de comparaison dont il y aura lieu de discuter la valeur ultérieurement comme base de classification, en tenant compte de ce fait que dans l'un et l'autre groupe ainsi obtenus on trouve des minéraux de signes positif et négatif.

MINÉRALOGIE. — *Mesure des pouvoirs réflecteurs de quelques tellurures naturels par la méthode photo-électrique*. Note de M. **P. Fastré**.

J'ai réalisé cette mesure en adoptant le mode opératoire indiqué par M. J. Orcel (3) pour les déterminations en lumière monochromatique. La source lumineuse fonctionnait sur accumulateurs, et éclairait un monochromateur fournissant une bande de spectre de $45^{\mu\mu}$ de largeur. Les bandes utilisées dans les mesures sont celles qui correspondent aux trois longueurs d'onde centrales : $589^{\mu\mu}$, $527^{\mu\mu}$, et $465^{\mu\mu}$. L'objectif employé possédait un grossissement de 34 et une distance focale de 5,1.

Le silicium presque pur (95-97 pour 100) a été choisi comme étalon, en raison de son pouvoir réflecteur comparable à celui des minéraux étudiés. Les valeurs suivantes ont été obtenues par rapport au diamant : pour $465^{\mu\mu}$, 0,426; pour $527^{\mu\mu}$, 0,381 ; pour $589^{\mu\mu}$ 0,353. Les tellurures étudiés sont principalement ceux qui entrent dans la constitution de certains minerais aurifères, dont j'ai eu à ma disposition de nombreux échantillons provenant

(1) *Bull. Soc. franc. Min.*, **45**, 1922, p. 89.

(2) A. Lacroix, *Minéralogie de la France*, **1**, p. 417.

(3) *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 1055-1057; *Bull. Soc. franç. Min.*, **53**, 1930, p. 326.

de la Collection du Muséum. Ils offrent les caractères microscopiques suivants :

Coloradoïte (HgTe) *et petzite* [(Ag.Au)^{2}Te)] (Kalgoorlie, Australie). — Ces minéraux possèdent à peu près la même teinte grise en lumière naturelle. Leur comportement vis-à-vis des réactifs d'attaque est aussi sensiblement le même.

Altaïte (PbTe) (Organ Mountains, Monts Altaï). — Les mesures ont été faites sur une lame de clivage de 5^{mm} de côté, donnant un poli parfait; elle est blanche en lumière naturelle.

Pour ces trois espèces, le champ n'est pas complètement obscur entre nicols croisés, probablement parce qu'elles possèdent un indice d'absorption élevé, mais on n'observe aucun changement de teinte pour un tour complet de la platine, ni aucune variation nette de pouvoir réflecteur. Elles sont donc bien cubiques.

Hessite (Ag^{2}Te) (Mine Sawodinski, Monts Altaï), — Grise en lumière naturelle. Entre nicols croisés, la section étudiée présente la structure d'agrégat décrite par H. Schneiderhöhn et P. Ramdohr (1) et due à la transformation de la forme cubique en forme orthorhombique (2). Le pouvoir réflecteur mesuré n'est donc qu'une moyenne.

Nagyagite (Au^{2}Pb^{14}Sb^{3}Te^{7}S^{17}). (Nagyag, Hongrie). — De couleur grise en lumière naturelle, la nagyagite présente, entre nicols croisés des extinctions incomplètes et des teintes gris verdâtre et gris bleuâtre dans les positons d'éclairement. Plusieurs plages montrent des macles polysynthétiques et des lignes de clivage souvent déformées.

Sylvanite (Au, Ag) Te^2 (Mine Lake View Consols; Kalgoorlie). — Couleur blanc crème en lumière naturelle. Extinctions incomplètes entre nicols croisés. Les mesures ont été faites sur des sections parallèles et perpendiculaires au clivage (010).

Calavérite (Au, Ag) Te^2. — De couleur blanc jaunâtre en lumière naturelle, ce minéral comme le précédent agit très faiblement sur la lumière polarisée. Les mesures ont été faites sur des sections taillées dans des cristaux provenant de Cripple Creek (Colorado), parallèlement et perpendiculairement à leur allongement, et sur des plages d'orientation quelconque dans un minerai de Kalgoorlie.

Krennérite (Au.Ag)Te^2 (Nagyag). — Nous n'avons eu à notre disposition que des cristaux très petits de ce minéral. Les observations sont donc un peu incertaines. Cependant il semble que l'anisotropie et les pouvoirs réflecteurs de ce minéral soient plus élevés que pour la calavérite.

La nagyagite et la krennerite sont orthorhombiques, la sylvanite et la calavérite monocliniques.

Les mesures sont résumées dans le tableau ci-après :

(1) *Lehrbuch der Erzmikroskopie*, Berlin, 1931, p. 273.

(2) H. Borchert, *Neues Jahrbuch. f. min.*, Beil., 61, 1930, p. 121.

I. — *Tellurures isotropes* (cubiques).

	465μμ.	527μμ.	589μμ.	Approximations.
Petzite	0,427	0,401	0,378	± 0,005
Coloradoïte	0,382	0,369	0,369	± 0,005
Altaïte	0,74	0,70	0,64	± 0,01

II. — *Tellurures anisotropes.*

	465μμ.		527μμ.		589μμ.		
	R_g.	R_p.	R_g.	R_p.	R_g.	R_p.	Approximations.
Nagyagite	0,490	0,438	0,470	0,416	0,407	0,381	± 0,005
Sylvanite	0,60	0,55	0,61	0,56	0,60	0,56	± 0,01
Calavérite	0,64	0,57	0,67	0,59	0,64	0,58	± 0,01
Krennérite	0,72	0,65	0,71	0,64	0,75	0,68	± 0,02
Hessite	0,421		0,393		0,371		± 0,005

La détermination de la biréflectence de ces minéraux dont le coefficient d'extinction est vraisemblablement élevé, ne peut être faite exactement, car ils réfléchissent une forte proportion de lumière elliptique. Par suite, bien que les chiffres obtenus ci-dessus correspondent au maximum et au minimum du pouvoir réflecteur que l'on observe dans les différentes sections pour un tour complet de la platine, ils n'ont pas la même signification physique ni cristallographique que dans le cas, d'ailleurs plus fréquent, de minéraux peu absorbants.

Toutefois, l'examen entre nicols croisés et les mesures de pouvoir réflecteur permettent de distinguer les différents tellurures avec plus de certitude que par les réactifs d'attaque. Il en est ainsi par exemple de la petzite et de la coloradoïte.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge des marbres de Guillestre, roche caractéristique du Malm du Briançonnais.* Note de M. **Fernand Blanchet**, présentée par M. Ch. Jacob.

La liste des fossiles fournis par les calcaires amygdalaires de Guillestre a été publiée par W. Kilian et J. Révil dans leur Mémoire sur les Alpes occidentales (t. II, 2e facs., 1917, p. 238). Par ses caractères généraux, elle indique nettement un âge tithonique.

J'ai été conduit à étudier cette faune à nouveau et à formuler sur son âge des observations que j'exposerai ci-après.

Je rappellerai tout d'abord que j'ai distingué, dans le Malm de la région, deux niveaux lithologiques :

a. Un niveau inférieur rognonneux ou amygdalaire;

b. Un niveau supérieur, formé par des calcaires roses à pâte fine et renfermant en abondance *Calpionella alpina* Lorenz, forme surtout tithonique et *inconnue* dans le niveau précédent.

La plupart des fossiles cités par Kilian proviennent du niveau *a* sauf un, déterminé comme *Pygope* sp. voisin de *P. diphya*, fossile qui appartient incontestablement, au niveau supérieur, mais qui apparaît comme spécifiquement indéterminable.

Il y a lieu de remarquer en outre, dans la liste, la présence d'un grand nombre de *Phylloceras* et de *Lytoceras*, généralement mal conservés et dont l'extension stratigraphique est trop grande pour permettre de préciser un niveau. D'autre part, les *Aptychus* signalés dans cette même liste se retrouvent aussi à des niveaux bien inférieurs. Enfin *Waagenia hybonota* n'est pas franchement caractéristique du Tithonique.

De la faune précédente, il ne subsiste donc comme caractéristiques du Tithonique que les échantillons suivants déterminés comme suit par Kilian et Révil : *Peltoceras Fouquei* Kil.; *Perisphinctes pseudocolubrinus* Kil.; *Perisphinctes* sp. voisin de *P. transitorius* et de *P. Vandelli* Choff.; *Perisphinctes fraudator* Zitt.; *Berriasella incomposita* Ret. sp.; *Berriasella Picteti* Jacob (= *A. privasensis* Pict. p. parte); *Duvalia lata* Blainv. sp.

La plupart appartiennent aux collections du Laboratoire de Géologie de l'Université de Grenoble où j'ai pu les étudier, sauf trois d'entre eux (*P. pseudocolubrinus*, *P. fraudator*, *B. incomposita*) qui n'ont pas été retrouvés.

Leur étude m'a conduit aux déterminations suivantes :

Peltoceras transversarium var. *Fouquei* Kil. — Exemplaire attribué en 1880 par Collot et par Ch. Lory à *P. transversarium* Qu. sp. Depuis W. Kilian a séparé de l'espèce de Quenstedt, sous le nom de *P. Fouquei*, une forme andalouse présentant avec elle quelques différences et à laquelle il rattache l'échantillon de Guillestre. P. Fallot (1) vient de faire remarquer que le véritable niveau où se trouve cette forme en Andalousie est le Lusitanien.

Perisphinctes Orbignyi de Lor. (= *P. plicatilis* d'Orb. sp.). — Un échantillon en assez bon état, rapporté par Collot en 1880 à *P. plicatilis*, puis en 1912 par W. Kilian à *Berriasella Picteti* Jacob (*in* coll.) passant à *B. Lorioli* Zitt.

Je n'hésite pas à revenir à l'ancienne détermination de Collot, après avoir étudié la

(1) *Bol. Réal Soc. Española de Hist. nat.*, 31, 1931, p. 113-132.

variabilité de *P. Orbignyi* qui montre en particulier de grandes différences dans l'écartement des côtes. D'autre part, j'ai pu examiner un bel exemplaire de cette espèce, provenant de l'Oxfordien de Joyeuse (Ardèche); il présente, sur la partie ventrale du tour adulte, une mince bande lisse, qu'on retrouve absolument identique dans l'échantillon de Guillestre, caractère qui a sans doute conduit W. Kilian à réunir ce dernier au groupe des *Berriasella*.

D'autre part, en comparant la forme de Guillestre aux types de *B. Picteti* Jacob (*in* coll.), j'ai constaté de notables différences entre les deux ainsi qu'avec *B. Lorioli* Zitt.

Perisphinctes cf. *Vandelii* Choffat. — L'échantillon cité par Kilian est représenté seulement par un fragment de tour adulte presque circulaire, à peine plus haut (25^{mm}) que large (23^{mm}), à côtes droites du côté ombilical, régulièrement bifurquées vers le milieu des flancs et qui montrent à partir de ce point une légère inflexion vers l'arrière, plus accentuée à leur passage sur la partie ventrale ; la réduction à 3 ou 4^{cm} à peine de la partie conservée ne permet pas d'observer s'il existe comme dans le type lusitanien de Choffat des côtes intermédiaires simples. Néanmoins, notre forme s'en rapproche grandement.

Par contre, le passage à *P. transitorius* invoqué par Kilian paraît difficile à établir. D'ailleurs *P. transitorius* en diffère par des tours beaucoup moins arrondis et présente souvent sur la région ventrale une interruption des côtes, qui n'existe pas dans la partie conservée de notre échantillon.

Belemnites (*Duvalia* ou *Hibolites*) sp. — Cette forme, figurée par Kilian sous le nom de *D. lata* Blainv. sp., n'est représentée que par une section longitudinale; les caractères extérieurs n'étant pas observables, il me paraît impossible de donner une détermination spécifique certaine; il existe d'ailleurs, à des niveaux inférieurs et notamment dans l'Oxfordien et le Lusitanien, des formes renflées telles que *Duvalia ænigmatica* d'Orb. sp., *Hibolites Dumortieri* Opp. sp., *D. Mülleri* Gilliéron sp., *H. monsalvensis* Gilliéron sp., dont certaines peuvent présenter une section analogue.

Telle qu'elle vient d'être décrite, la faune des calcaires rognonneux de Guillestre se rattache nettement à l'Oxfordien ou au Lusitanien, ainsi que Collot et Ch. Lory l'avaient déjà supposé et, seule, la partie supérieure de cette formation, représentée par les calcaires à *Calpionella alpina*, doit être rattachée au Tithonique.

Ces résultats évoquent un rapprochement avec l'Argovien rouge des Préalpes, région dont les analogies avec les zones briançonnaises, depuis longtemps mises en évidence, avaient conduit E. Haug à rechercher dans cette zone l'origine de certaines nappes préalpines.

PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Spécification des* Cladoxylon *et des* Clepsydropsis *de Saalfeld.* Note de M. **Paul Bertrand**, présentée par M. L. Mangin.

Parmi les nombreux échantillons recueillis à Saalfeld, il est possible actuellement de distinguer 5 espèces de *Cladoxylon* bien définies : *Cl. tæniatum*, *Cl. mirabile*, *Cl. megopicum*, *Cl. radiatum* et *Cl. Solmsi*.

1. *Cl. tæniatum* Unger. — A cette espèce appartiennent : *Cl. dubium* Unger, *Hierogramma mysticum* Unger, *Hierogramma* (exemplaire de Berlin en voie de dichotomie) *Hierogramma* avec bois secondaire (attribué à *Cl. dubium*), *Syncardia pusilla* Unger (3 exemplaires), *Clepsydropsis excelsa* P. B. (rachis primaires, plus pétioles secondaires figurés par moi en 1912 et attribués à tort à *Cl. antiqua*).

2. *Cl. mirabile* Unger. — Cette espèce est représentée par un très grand nombre d'échantillons. Mais la plupart des échantillons montrent fréquemment l'émission de *Hierogramma*. C'est pourquoi il est difficile de savoir quand les anneaux sortants sont vraiment des traces foliaires et non pas des fragments de systèmes destinés aux *Hierogramma*.

L'échantillon 195 de Halle a. S., qui offre 18 lames ligneuses rayonnantes, émet successivement 4 *Hierogramma*. Comme chaque émission intéresse au moins 4 lames ligneuses, les 4 ramifications occupent pratiquement toute la périphérie du stipe.

L'échantillon 119 de Halle présente une *structure dorsiventrale* avec 12 à 15 lames ligneuses. Il émet deux *Hierogramma*, l'un à droite, l'autre à gauche; celui de droite porte, en outre, une trace foliaire annulaire.

Enfin, l'échantillon 193 de Halle nous a permis d'observer l'émission de traces foliaires annulaires à divers niveaux; l'une d'elles, très éloignée, se montre à l'état de *Clepsydre*.

Arctopodium insigne Unger est certainement le *Hierogramma* de *Cl. mirabile*.

Syncardia S4, petit échantillon avec quatre faisceaux seulement, paraît appartenir à *Cl. mirabile*.

Cl. exigua P. B. 1912 appartient sûrement à *Cl. mirabile*, *Clepsydropsis antiqua* Unger probablement aussi; mais *Cl. antiqua* représenterait les gros rachis primaires, probablement portés par les plus gros stipes. *Cl. exigua* représente les petits rachis primaires plus faibles. Aucun doute à cet égard :

ce sont des rachis primaires les uns et les autres. Les pétioles secondaires sont inconnus.

3. *Hierogramma megopicum* nov. sp. — Très bel échantillon (n° 67 de la série de Berlin) analogue à *H. mysticum*, mais à boucles périphériques très grandes, très différenciées. A cette espèce appartient : *Clepsydropsis elongata* P. B., beau rachis, offrant une clepsydre allongée à boucles périphériques très grandes (échantillon 307 de Halle). Je ne connais ni le *Cladoxylon*, ni le *Syncardia* de cette espèce.

4. *Cladoxylon* (*Arctopodium*) *radiatum* Unger. — Connu par un seul exemplaire. Je ne connais, ni le *Hierogramma*, ni le *Syncardia*, ni le *Clepsydropsis* de cette espèce, mais seulement les pétiolules ou fines ramifications qui ont la structure de pétioles secondaires, avec un seul plan de symétrie.

5. *Cladoxylon Solmsi* P. B. — De cette espèce on connaît avec le stipe seulement la base du *Hierogramma*. Un *Clepsydropsis* en mauvais état paraît lui appartenir.

N. B. — *Cl. radiatum* et *Cl. Solmsi* se distinguent de tous les autres parce qu'ils ont des pôles ponctuels ; en d'autres termes : il n'y a presque pas de fibres primitives, mélangées aux éléments de protoxylème ; les boutonnières sont virtuelles.

D'après ce que nous venons d'exposer, c'est l'attribution correcte d'un *Clepsydropsis* à chaque espèce de *Cladoxylon*, qui constitue la démonstration irréfutable que les premiers appartiennent bien aux seconds.

BOTANIQUE. — *Sur l'origine botanique de la drogue connue sous le nom de* Muira Puama. Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. L. Mangin.

Bien que le *Muira Puama* ait été introduit, il y a déjà fort longtemps, dans la thérapeutique, on n'a pas encore pu fixer avec certitude l'origine botanique de cette drogue brésilienne.

D'après Rebourgeon, le *Muira Puama* appartiendrait à la famille des Acanthacées et devrait être désigné sous le nom d'*Acanthea virilis*.

Pour H. Kleesattel [1], qui a comparé la structure anatomique de la drogue avec celle d'échantillons d'herbier de *Liriosma ovata* Miers et de

---

[1] *Beit. zur Pharmakognosie der* Muira Puama (*Inaug. Dissert.*, Erlangen, 1892).

L. Pohliana Engler, le *Muira Puama* devrait être rangé dans la famille des Olacacées et identifié avec le *Liriosma ovata*.

Bien qu'aucun botaniste n'ait pu, en étudiant un échantillon fleuri, fructifié ou même feuillé de *Muira Puama*, s'assurer de l'exactitude de l'identification hypothétique de Kleesattel, les grands traités de pharmacographie (¹) la tiennent pour démontrée.

Ce n'est que récemment que le botaniste Ducke, qui a exploré pendant de longues années la région amazonienne, y a récolté des échantillons fleuris et fructifiés de deux Olacacées arborescentes dont — suivant leurs affirmations malheureusement non contrôlées — les indigènes récolteraient les jeunes individus qu'ils livreraient au commerce de la droguerie sous la dénomination de *Muira Puama*. Ducke, pour qui la première de ces Olacacées serait le *Ptychopetalum olacoïdes* Bentham, la seconde une espèce voisine mais nettement différente, a envoyé des échantillons botaniques de ces deux plantes aux herbiers de Rio de Janeiro et Berlin et à nous-même.

R. A. Dias de Silva (²), qui a eu à sa disposition les échantillons de l'herbier de Rio de Janeiro, a reproduit les assertions de Ducke et admis que le *Muira Puama* provient du *Ptychopetalum olacoïdes*.

Tout récemment E. Anselmino (³), qui a pu étudier dans l'herbier de Berlin les deux Olacacées recueillies par Ducke, a rapporté la première au *Pt. olacoïdes*, et considéré la seconde comme une espèce nouvelle qui différerait de la première par ses caractères floraux, espèce nouvelle qu'elle a décrite sous le nom de *Pt. uncinatum*.

Mais Anselmino et de Silva n'ont pas comparé la structure anatomique du *Muira Puama* avec celle des échantillons de *Ptychopetalum* récoltés par Ducke, et se sont bornés à reproduire, touchant l'origine botanique de cette drogue, les affirmations des indigènes telles que Ducke les avait recueillies. Aussi nous avons cru indispensable de rechercher si les caractères anatomiques de la drogue étaient ou non identiques à ceux des échantillons d'herbier récoltés par Ducke.

Grâce au bienveillant concours de M. Machado de Leopoldina, et du directeur du Museum commercial de Belem (Brésil), nous avons pu examiner la drogue telle qu'elle se présente avant qu'on la sectionne en petits tronçons pour l'expédier en Europe. Elle est alors constituée par une

---

(¹) A. Tschirsch, *Handb. d. Pharmakognosie*, 3, 1, Leipzig, 1923, p. 736.

(²) *Rev. brasil. de medic. e pharmac.*, 1, 1925, p. 37-41.

(³) *Notizbl. d. bot. Gart. u. Mus. Berlin-Dahlem.*, 11, 1932, p. 623-626.

racine pivotante ligneuse qui émet d'assez nombreuses racines secondaires, et dont le diamètre varie entre 6 et 28mm. Cette racine se continue par une tige ligneuse et ascendante qui est le plus souvent simple, mais qui parfois est divisée à la base; cette tige, dont le diamètre varie de 3 à 25mm, est toujours sectionnée au-dessous de la partie feuillée.

La structure anatomique de la tige de cette drogue est parfaitement identique à celle de la tige des *Ptychopetalum olacoïdes* et *uncinatum*.

En dedans du parenchyme cortical cellulosique, dont les assises peu nombreuses sont recouvertes extérieurement de quelques assises de suber, on trouve un anneau discontinu composé de 1 à 2 assises d'éléments lignifiés : fibres et cellules sclérenchymateuses, celles-ci moins nombreuses que celles-là. Le tissu libérien, composé d'un petit nombre d'assises, montre de place en place une fibre ligneuse isolée. L'anneau ligneux est divisé en assez nombreux segments par des rayons médullaires composés d'une seule file de cellules. Dans chacun des segments de l'anneau ligneux, on trouve de larges vaisseaux ponctués isolés ou groupés par 2 ou 3, de très nombreuses fibres à lumen punctiforme ou linéaire-ovale, enfin quelques rares cellules parenchymateuses. Au dedans de cet anneau de deutéroxylème, on trouve quelques éléments de bois primaire souvent en voie de résorption. Enfin au centre on observe une moelle cellulosique peu développée.

Ajoutons que les échantillons que nous avons reçus de Ducke nous ont montré que le *Ptychopetalum uncinatum* se distingue du *Pt. olacoïdes* non seulement par ses caractères floraux mais encore par ses fruits. Dans celui-là, en effet, les drupes sont obovées-pyriformes et ont une hauteur de 31 à 32mm, un diamètre de 21 à 22mm; dans celui-ci, au contraire, elles sont oblongues et ont une hauteur de 17 à 18mm, un diamètre de 10 à 11mm.

BOTANIQUE. — *Cultures de cellules détachées de la coiffe.* Note de M. **R. Gautheret**, présentée par M. Molliard.

On admet généralement que les cellules de la coiffe sont mortes au moment où elles se détachent ou meurent peu de temps après. Knudson, puis Scheitterer et White ont cependant montré que ces cellules peuvent survivre assez longtemps, mais ces auteurs n'ont pas évalué le temps de cette survie, ni suivi les transformations des cellules au cours de celle-ci. Ayant fait la même remarque au cours de recherches sur la culture de racines isolées, nous avons eu l'idée d'essayer de réaliser la culture des cellules de coiffe. Nos expériences ont été faites surtout sur *Lupinus albus*.

La technique a consisté à transporter une racine isolée, sur un milieu gélosé, dans une boîte de Pétri, dont le fond possède une ouverture fermée par une lamelle collée (¹). Comme milieu de culture, nous avons employé le liquide de Knop gélosé additionné de glucose, saccharose ou mannitol. Dans ces conditions, la racine isolée s'accroît plus lentement qu'une racine de plantule entière, ce qui permet de suivre la culture pendant longtemps. Le méristème abandonne des cellules de coiffe qui restent enrobées dans la gélose et continuent à vivre. Celles-ci conservent, dans le milieu solide, leur position initiale, ce qui permet de les repérer sous le microscope et de suivre leur évolution. En outre, la racine se desquame, soit sous forme de cellules isolées, soit par files longitudinales ou encore par plaques de milliers de cellules. Ces cellules sont plus minces et plus allongées que les cellules de la coiffe. Nos observations nous ont permis de constater que cette desquamation se produit normalement dans la racine, mais d'une façon moins marquée que dans les racines isolées; ce phénomène est assez général chez les Dicotylédones.

Les cellules de la coiffe qui se détachent renferment de gros grains d'amidon. Ceux-ci se déplacent sous l'action de courants cytoplasmiques et ce déplacement s'effectue suffisamment vite pour que l'on puisse le suivre sous le microscope. Ces cellules renferment de nombreuses granulations lipoïdiques, qui se déplacent aussi, mais très rapidement : celles-ci deviennent plus grosses et moins nombreuses quand les cellules vieillissent; en outre, dans les cellules très âgées de *Lupinus luteus*, on observe un ou deux gros globules de même nature. Les cellules de coiffe isolées sont susceptibles de présenter un certain accroissement en longueur (10 à 20 pour 100) et surtout en largeur (100 pour 100). Cet accroissement ne se produit pas d'une manière constante, et l'accroissement en largeur se manifeste par la production de sorte de hernies, qui donnent aux cellules un contour irrégulier.

Ces cellules restent ordinairement toutes vivantes pendant 8 à 10 jours, à la température de 20° environ. A 10°, la survie des cellules atteint 18 à 20 jours, ce qui semble en relation avec la loi de van't Hoff. A cette température, les grains d'amidon persistent plus longtemps et la croissance est très lente ou nulle. A 20°, à partir de 8 à 10 jours, les cellules de la coiffe commencent à mourir, mais certaines restent vivantes : celles-ci digèrent leur amidon. Les grains d'amidon sont toujours hydrolysés dans

---

(¹) Procédé employé au *Central Bureau voor Schimmelcultur de Baarn*.

les cellules, au bout de 15 jours à un mois; cette hydrolyse s'opère quelle que soit la concentration du sucre dans le milieu, mais si l'on enlève la racine ou si l'on ne laisse dans le milieu que son extrémité, les cellules digèrent leur amidon au bout de 2 à 8 jours seulement, ce qui semblerait indiquer que la racine sécrète une substance qui empêche cette hydrolyse. Quel que soit le sucre employé et sa concentration, nous n'avons jamais constaté la formation d'amidon dans les cellules de coiffe ayant résorbé l'amidon formé avant leur détachement. Les cellules de coiffe qui survivent peuvent continuer à s'accroître. Elles présentent toujours des mouvements cytoplasmiques et subissent des modifications de leurs vacuoles : Au moment où elles se détachent, les cellules de la coiffe présentent l'aspect de cellules encore peu différenciées et possèdent deux ou plusieurs vacuoles : après 10 ou 15 jours, elles n'ont plus qu'une seule vacuole comme des cellules adultes. Dans de très vieilles cultures les mouvements du cytoplasme peuvent être ralentis ou nuls, cependant ils reprennent généralement si l'on élève la température. Lorsque la cellule meurt, une partie de son cytoplasme est rejeté à l'extérieur : la paroi se rompt, ce qui semble dû à une forte pression osmotique.

Lorsqu'on emploie des solutions concentrées de sucres, l'eau du milieu gélosé s'évaporant peu à peu, le milieu augmente sa concentration. Les cellules ne maintiennent pas indéfiniment leur turgescence et se plasmolysent quand le volume du milieu est réduit d'environ deux tiers pour une dose initiale de 10 pour 100 de glucose, ce qui représente une concentration de l'ordre de 30 pour 100 de glucose. Si les cellules sont le siège d'anatomose, ce phénomène a donc une limite. Les cellules ainsi plasmolysées peuvent continuer encore à vivre 8 à 10 jours. *Le maximum de survie que nous ayons obtenu est de 82 jours, à 20-22°.* Nous avons conservé des cellules à 10°, et actuellement, elles renferment plusieurs centaines de cellules qui vivent depuis un mois et demi. Il est probable que la survie doit être beaucoup plus longue à cette température. Nous avons cultivé des cellules de coiffe dans des milieux variés. Les résultats ont été les mêmes dans le glucose et le saccharose; la mannitol a donné une survie plus longue. Les sels minéraux ne sont pas indispensables. Quant à la lumière, elle n'a pas d'influence et nous n'avons pu obtenir la formation de chlorophylle dans les cellules de coiffe exposées à la lumière.

Ainsi nos expériences prouvent que les cellules de coiffe isolées peuvent être cultivées et vivre pendant plusieurs mois : elles sont susceptibles de s'accroître dans une certaine mesure, mais ne se multiplient jamais.

ÉCONOMIE RURALE. — *Avantages des graines germées pour la nourriture des animaux de la ferme et en particulier du cheval.* Note [1] de M. **Laurent Raybaud**, présentée par M. L. Lapicque.

L'influence des graines germées [2] dans la nourriture des animaux de la ferme et en particulier du cheval est très avantageuse. Elle peut s'expliquer par trois causes principales : 1° Grain complètement ramolli et partant mieux digéré; 2° amidon partiellement transformé en sucre et de ce fait plus assimilable; 3° vitamines et diastases en pleine activité.

Sur le cheval, on peut employer l'avoine germée de deux façons; donner la ration complète pour relever les chevaux dits « bas d'état », ou une ration incomplète suffisante pour maintenir en bon état le cheval normal. Au 8e d'artillerie, des chevaux dits bas d'état furent rétablis après quarante jours de rations complètes à l'avoine germée avec une augmentation de poids qui parfois atteignit 60kg [3]. La même méthode, appliquée aux corps de cavalerie de la Ruhr, donna des résultats si probants, qu'elle est actuellement généralisée dans l'armée [4].

Pour le cheval normal, la ration d'avoine germée peut être réduite notablement sans qu'il dépérisse. Après une expérience de six mois faite sur quatre chevaux fournissant un travail pénible et continu, l'économie réalisée, en remplaçant l'avoine ordinaire par le même volume d'avoine germée, s'éleva à 38 pour 100, et les chevaux avaient cependant augmenté de poids de 3 à 6 pour 100 [5]. A la suite d'un rapport adressé à M. le Ministre de la Guerre l'informant de résultats si surprenants. M. Urbain, Directeur du Laboratoire de Recherches vétérinaires de l'Armée, fut chargé de les contrôler. Il opéra de la façon suivante :

Deux attelages de chacun deux animaux (une jument et un cheval) font

---

(1) Séance du 13 février 1933.

(2) On considère un lot d'avoine germée comme bon à consommer, quand la radicule commence à se montrer sur environ 60 pour 100 des grains. Une germination par trop inégale indique un lot composé de graines de différents âges et permet de déceler ce genre de fraude.

(3) Laurent Raybaud, *C. R. Soc. de Biologie*, 92, 1925, p. 437.

(4) *L'alimentation rationnelle des chevaux* (Rapport adressé à M. le Ministre de la Guerre sur les Applications de la méthode Raybaud dans l'Armée. Décembe 1931).

(5) Laurent Raybaud, *C. R. Soc. de Biologie*, 94, 1926, p. 665.

tous les matins un travail au pas de 20^km^, en tirant une voiture médicale chargée et du poids total de 1600^kg^. Deux de ces animaux, un par attelage, servent de témoins. Les deux autres sont soumis à des rations variables d'avoine germée. Les aliments sont pesés tous les jours. Les chevaux le sont également à leur rentrée du travail. Avant de commencer chaque série d'expériences, ils sont mis en équilibre de poids. Dans une première série, l'un des groupes d'animaux prend de l'avoine germée, l'autre de l'avoine sèche. Dans une deuxième série l'ordre de distribution est inversé.

Le maximum d'économie obtenu dans les deux cas par l'avoine germée fut de 43 pour 100 (Urbain et Guillot, *Revue de Zootechnie*, décembre 1931). En estimant le prix de l'avoine à 100^fr^ le quintal, l'économie annuelle par cheval serait de 774^fr^. Cette méthode appliquée dans l'armée française qui compte 131 000 chevaux réduirait le budget annuel d'environ 100 millions. Mais quels seraient alors les bénéfices réalisés en agriculture ?

En dehors de l'armée, il existe en France 3 128 000 chevaux ou mulets (1), dont un huitième au moins employé aux transports, prend chaque jour une ration complète d'avoine (de 5 à 7 kilos). Les sept autres huitièmes ne la prennent que pendant environ trois mois, période des grands travaux de la ferme. Or la somme des bénéfices réalisés dans les deux cas atteindrait plus de huit cents millions. Mais peut-on actuellement prévoir tous les avantages de cette alimentation aux graines germées pour les autres animaux de la ferme : bovidés, porcins, volailles !

Sur les vaches, j'ai constaté une surproduction laitière d'un demi-litre par jour et par individu. De plus le lait vitaminé augmenta la croissance des jeunes veaux. Les mêmes constatations ont été faites sur des poulains et des porcelets qui, mis ensuite aux céréales germées, continuèrent à se développer admirablement. La surproduction des œufs obtenue par ce régime était remarquable. Il n'en est pas jusqu'aux pigeons qui n'aient subi une influence avantageuse pour nicher. Il n'est donc pas exagéré d'affirmer que lorsque l'alimentation des animaux aux graines germées sera judicieusement appliquée en France, les bénéfices qui en résulteront s'élèveront à près d'un milliard.

---

(1) *Statistique annuelle du Ministère de l'Agriculture*, 1919.

EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Recherches expérimentales sur le rôle de la stimulation fonctionnelle dans le développement de l'appareil digestif, chez les larves d'Anoures.* Note [1] de MM. **M. Aron** et **J. Comsia**, présentée par M. M. Caullery.

Nous avons estimé qu'il était possible de soumettre la question posée par le titre ci-dessus à un contrôle expérimental effectif, en unissant, en greffe siamoise, des jeunes larves d'Amphibiens et en mettant l'un des conjoints dans l'impossibilité de s'alimenter. La technique suivie pour la greffe a été celle que l'un de nous a utilisée en des recherches antérieures [2] : au stade de bourgeon caudal, des têtards de *Rana temporaria* sont unis deux à deux par accolement des surfaces de section de leurs bourgeons caudaux préalablement réséqués à leur extrémité. Dans ces conditions, il se produit, dans la plupart des cas, une fusion des moelles épinières au niveau de la zone de coaptation. On procède, aussitôt après, à l'ablation de la tête de l'un des jumeaux siamois. Quand la plaie ainsi créée guérit, le têtard décapité, nourri par le têtard resté normal, poursuit sa croissance. L'un de nous a montré précédemment [3] que le rythme de celle-ci dépend du niveau de la décapitation. Si l'on a respecté le cerveau postérieur, avec le « centre de croissance » dont l'un de nous a établi l'existence et le rôle, le développement du jumeau décapité reste « autonome » par rapport à celui du jumeau normal et garde l'allure qu'il eût eu chez une larve non décapitée, mise en des conditions par ailleurs identiques. Si l'on a au contraire enlevé la région du « centre de croissance » en cause, le développement du jumeau décapité, apprécié d'après les dimensions de ses organes axiaux, se montre « subordonné » à celui du jumeau normal et acquiert la même vitesse. On trouve dans le Mémoire cité l'interprétation de ces phénomènes.

Nous nous bornerons, dans le cadre limité de cette Note, à attirer l'attention sur l'évolution de l'intestin du jumeau décapité.

Dans le cas de croissance « subordonnée » du têtard, dont le tube digestif n'a admis, dès l'origine, aucun aliment, l'autopsie, au bout de plusieurs semaines, montre un intestin sensiblement moins long, mais non plus étroit

---

(1) Séance du 20 février 1933.

(2) *Arch. de Biol.*, 39, 1929, p. 607-675.

(3) *Loc. cit.*

que chez le jumeau normal du couple siamois. A l'examen histologique, on voit que l'intestin terminal a acquis un état comparable chez l'une ou l'autre larve, et que la différence porte surtout sur l'intestin vitellin.

Ce dernier, chez le jumeau décapité, présente des plicatures et des diverticules extrêmement nombreux. Il est tapissé par des cellules cylindriques, beaucoup plus hautes et moins larges que chez le conjoint normal, et présentant un degré de différenciation (chondriome, plateau strié) identique.

La réaction nucléo-plasmique de ces éléments, fondée sur des mensurations de schémas faits à la chambre claire, offre des valeurs de même ordre chez les deux jumeaux. La moindre longueur du tube intestinal vide, chez le têtard privé d'alimentation, peut, dès lors, être interprétée comme due à l'absence de distension, facteur purement mécanique, et au fait que l'épithélium a gagné en épaisseur et en replis ce qu'il a perdu en longueur par rapport au conjoint normal. La privation de la stimulation fonctionnelle a donc, après plusieurs semaines, retenti sur l'aspect extérieur du tube intestinal, mais non sur son histogenèse, ni sur sa différenciation structurale.

Dans le cas de croissance autonome du jumeau décapité, l'intestin présente une hypoplasie manifeste par rapport au jumeau normal, toutes les fois (et c'est le cas à peu près général) où la croissance du premier est très ralentie. Le degré de l'hypoplasie en cause est corrélatif de celui du retard du développement général.

Ces observations seront étendues et ces résultats précisés dans la thèse de l'un de nous. La conclusion qui s'en dégage est que l'alimentation intervient dans la morphogenèse architecturale de l'intestin en tant que facteur mécanique de distension, mais elle ne joue aucun rôle en tant que facteur de stimulation fonctionnelle. Le développement histogénétique de l'épithélium intestinal semble répondre exclusivement à la mise en jeu des potentialités internes des cellules, sous l'influence de facteurs internes de croissance, parmi lesquels, chez les larves d'Anoures, aux stades précoces de l'ontogenèse, ceux que supporte l'axe nerveux paraissent occuper une place prépondérante.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *L'effort accommodatif des amétropes corrigés.* Note de M. **Émile Haas**, présentée par M. Ch. Fabry.

On écrit généralement que l'effort accommodatif d'un amétrope corrigé pour l'infini est égal à celui d'un emmétrope, pour une même distance du point Y qu'il faut voir au plan principal objet H de l'œil. Cette approximation paraît insuffisante dans un certain nombre d'applications, où les erreurs absolues qu'elle entraîne sont précisément du même ordre que la chose à mesurer.

L'expression de l'effort accommodatif de l'amétrope non corrigé, relativement à une certaine distance $\overline{HY}$, est immédiate si l'on fait progresser la lumière de l'œil vers l'extérieur. C'est la somme d'une courbure d'onde égale et de signe contraire à l'amétropie A, et d'une courbure d'onde égale et de signe contraire à celle qui frappe le plan principal objet de l'œil en provenance du point Y, soit $-A-(1:\overline{HY})$.

Quand l'amétrope est corrigé pour l'infini, le verre de puissance P rapproche ou éloigne dioptriquement le point à voir de cette même quantité P dont il aurait rapproché ou éloigné le point à l'infini.

Dans le cas habituel, le plan principal image du verre est à une certaine distance en avant du plan principal objet de l'œil. Il en résulte que toute onde émergente du premier accroît sa courbure pendant son trajet jusqu'au second. Les accroissements instantanés sont proportionnels aux carrés des valeurs instantanées de la courbure; par conséquent les accroissements finis sont toujours positifs, et plus forts pour celle de deux courbures dont la valeur absolue initiale était la plus grande.

Dans le cas de l'hypermétrope, nécessairement corrigé par un verre convergent, l'accroissement que prend la courbure de l'onde correspondant au point Y, pendant son trajet entre le verre et l'œil, est donc inférieur à l'accroissement $-A-P$ qu'aurait pris la courbure de l'onde correspondant au point à l'infini.

Dans le cas du myope, généralement corrigé par un verre divergent, et exceptionnellement par un verre convergent placé au delà du remotum, le signe de l'inégalité est contraire.

C'est dire que l'hypermétrope corrigé doit accommoder plus, le myope corrigé doit accommoder moins que l'emmétrope, pour une même distance.

Le calcul numérique n'offre pas de difficulté et se fonde sur la relation élémentaire de position dans les systèmes centrés. Il permet même d'introduire la notion d'épaisseur du verre. Ses résultats font ressortir des écarts, par rapport à l'effort accommodatif de l'emmétrope, qui sont de l'ordre de la demi-dioptrie.

Il semble que l'on doive tirer quelque avantage de ces considérations, quand on veut calculer l'amplitude accommodative à partir de la mesure de la distance du proximum.

Elles permettent également de prévoir la différence à imposer au verre cylindrique destiné à la vision rapprochée des astigmates, par rapport à celui que l'on prescrit pour la vision éloignée. Cette pratique sera souvent utile, même lorsque la valeur absolue de l'amplitude de l'accommodation sphérique exclut la nécessité d'un supplément sphérique positif; car on sait d'autre part, et de pratique courante, que la moindre asymétrie dans l'accommodation peut entraîner une gêne persistante et parfois insupportable.

Enfin on trouve facilement que si le plan principal image du verre coïncide avec le plan principal objet de l'œil, l'effort accommodatif de l'amétrope corrigé est égal à celui de l'emmétrope, et que si le plan principal image du verre est en arrière du plan principal objet de l'œil, le signe des inégalités est renversé. Cela peut présenter un certain intérêt, si l'on arrive à établir des systèmes correcteurs projetant leur plan principal image loin au delà de la dernière surface matérielle.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude de la constitution des hémocyanines et des hémérythrines au moyen de leur spectre ultraviolet.* Note de MM. **Jean Roche** et **Pierre Dubouloz**, présentée par M. A. Desgrez.

Les hémocyanines, pigments sanguins cuivriques de nombreux Mollusques et Crustacés, se rapprochent des hémérythrines, chromoprotéides respiratoires ferriques des Sipunculiens, par de nombreuses propriétés ([1]). Les unes et les autres se combinent à l'oxygène, mais non à l'oxyde de

([1]) Les propriétés des hémocyanines sont décrites dans les traités classiques, celles des hémérythrines ont été récemment étudiées par M. Florkin, *C. R. Soc. Biol.*, 111, 1932, p. 1059, et par J. Roche (*Ibid.*, 112, 1933, p. 251).

carbone; le métal qu'elles contiennent n'est pas fixé sur un noyau porphyrique, et leurs caractères physico-chimiques les apparentent aux globulines animales.

Nous avons pensé que l'étude du spectre ultraviolet de ces corps et de leurs dérivés pouvait donner des indications utiles sur leur constitution, demeurée jusqu'ici obscure. Voici les principales observations que nous avons faites au moyen de la technique de Chevallier et Dubouloz ([1]) sur l'hémocyanine d'Escargot et sur l'hémérythrine de Siponcle, prises respectivement comme types des deux chromoprotéides, et sur leurs produits de dégradation.

I. *Hémocyanine et hémérythrine oxygénées et réduites.* — Le spectre ultraviolet des deux pigments saturés d'oxygène ou réduits par barbotage prolongé d'hydrogène présente une bande protéique (axe 2780 Å) et une absorption entre 3800 et 3000 Å. Le spectre de l'oxyhémocyanine dans cette zone est caractérisé par une bande dont l'axe est à 3450 Å (Dhéré), celui de l'oxyhémérythrine par une absorption croissante de 3800 à 3000 Å, présentant trois contreforts, respectivement sur 3800, 3550 et 3250 Å. La réduction diminue fortement l'intensité de ces deux spectres. Dans le cas de l'hémocyanine, elle a pour autre conséquence de faire disparaître la bande sur 3450 Å; celle-ci est alors remplacée par une absorption progressive de 3800 à 300 Å, avec trois contreforts, sur 3750, 3400 et 3200 Å.

II. *Dérivés : Hémocuprine et hémoferrine.* — Schmitz ([2]) a montré que l'action des bases sur l'hémocyanine de Poulpe en détache un corps riche en cuivre, l'hémocuprine, qui serait le groupement prosthétique du chromoprotéide. Laporta ([3]) est parvenu au même résultat par l'emploi de l'acétone chlorhydrique suivant une technique renouvelée de celle proposée par Anson et Mirsky pour séparer l'hématine et la globine dans les hémoglobines. On ne sait si ces deux produits sont identiques. Nous avons préparé l'un et l'autre à partir des hémocyanines de Poulpe, de Crabe, d'Escargot.

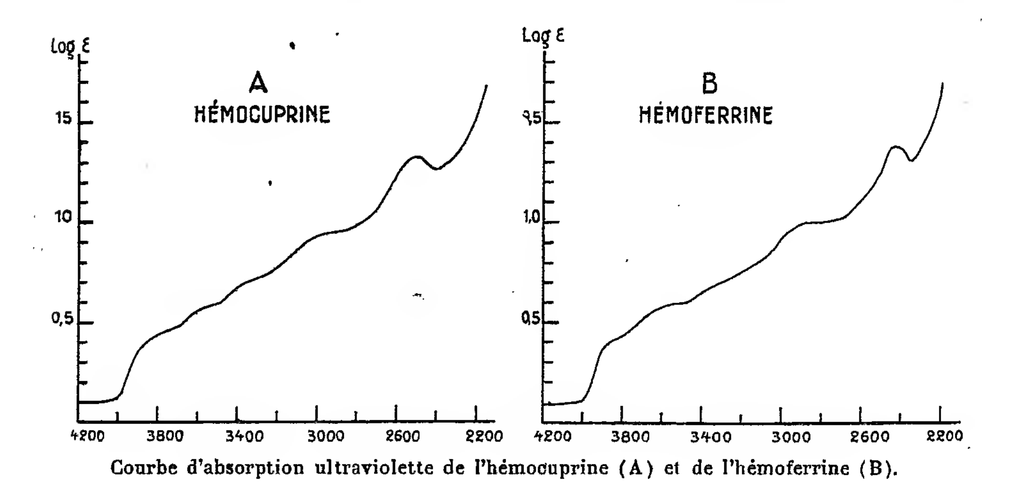
Le dérivé amorphe de Schmitz et le produit cristallisé de Laporta présentent dans tous les cas Poulpe, Crabe, Escargot le même spectre

---

([1]) *Bul. Soc. Chim. Biol.*, 14, 1932, p. 1076.
([2]) *Zt. f. physiol. Chem.*, 194, 1931, p. 232.
([3]) *Bol. Soc. Ital. Biol. sper.*, 7, 1932, p. 630.

ultraviolet. Celui-ci est caractérisé entre 4000 et 3000 Å par une absorption très voisine de celle de l'hémocyanine, et en outre par un contrefort à 2950 Å et une bande à 2475 Å. Les techniques des deux auteurs permettent donc probablement d'obtenir un même corps : l'hémocuprine (Schmitz). Par ailleurs, le spectre de la protéine séparée du complexe cuivrique ne présente qu'une bande à 2775 Å.

En appliquant à l'hémérythrine la méthode de décomposition proposée



Courbe d'absorption ultraviolette de l'hémocuprine (A) et de l'hémoferrine (B).

par Laporta dans le cas de l'hémocyanine, nous avons isolé un dérivé cristallisé, riche en fer, que nous désignons sous le nom d'hémoferrine, et une protéine dépourvue de métal. Le spectre du premier corps (*fig.* 1, courbe B) est très voisin de celui de l'hémocuprine (bande à 2500, contreforts à 3750, 3500, 3200 et 2950 Å). La partie protéique de la molécule, séparée de l'hémoferrine, n'absorbe pas les rayons ultraviolets dans cette région du spectre.

Conclusion. — L'hémérythrine du Siponcle et les hémocyanines du Poulpe, de l'Escargot, du Crabe sont constituées par l'union d'une protéine avec un complexe métallique (hémoferrine et hémocuprine), que nous avons préparé à l'état cristallisé. L'hémocuprine et l'hémoferrine, que l'on peut considérer comme les groupements prosthétiques des chromoprotéides étudiés, absorbent les rayons ultraviolets de façon à peu près identique, ce qui indique probablement une similitude de constitution.

MÉDECINE. — *Électrothérapie galvanique à haute tension.* Note (¹) de M. F. **Pasteur**, transmise par M. d'Arsonval.

L'électrothérapie à courant continu, qu'il s'agisse de galvanisation simple ou d'ionisasion médicamenteuse, s'est toujours pratiquée jusqu'à présent en médecine sous une faible tension réglée par un réducteur de potentiel qui met le patient sur un branchement en dérivation hors du circuit principal. Il est ainsi à l'abri de tout danger. Cette tension, au gré des résistances organiques et suivant la formule d'ohm pour une intensité suffisante, n'atteint jamais 40 volts, quels que soient l'éloignement des électrodes et l'épaisseur des tissus traités et leur nature. Afin d'éviter la corrosion électrolytique de la peau et toute sensation désagréable à ce niveau de piqûre on de cuisson, il suffit de ne pas dépasser le milliampère par centimètre carré pendant 30 à 40 minutes. Dans ces conditions, le courant se répartit dans l'organisme au prorata des résistances internes des tissus; mais il n'est pas certain qu'ils soient tous traversés et que toutes les lésions soient atteintes, en tout cas, d'une façon suffisante par les ions thérapeutiques.

Ainsi s'expliquerait des échecs contraires aux plus légitimes prévisions basées sur la clinique et que confirment les observations antérieures pour des lésions anatomo-pathologiques semblables et ressortissant ainsi d'un même traitement électrothérapique. De telles inconséquences et les considérations que je viens de faire m'ont conduit à penser que ces insuccès seraient probablement dus à une tension insuffisante et qu'il était justifié de faire appel à un facteur de puissance doué en conséquence d'une plus grande énergie électrolytique. En procédant progressivement à ces recherches avec un maximum de sécurité, je puis affirmer que le traitement reste inoffensif autant pour l'économie générale que pour l'état local. Dans ces conditions, j'ai pu atteindre un potentiel de 2000 volts.

Le courant alternatif de ville après transformation est redressé à l'aide d'une valve biplaque. Un circuit de filtrage formé par deux capacités et une self de choc régulatrice rendait le courant à peu près constant. Les

---

(¹) Séance du 20 février 1933.

malades n'accusent à son passage qu'une sorte de sensation chaude au pôle positif et de petits picotements au pôle négatif et qui paraissent se poursuivre assez loin à l'intérieur des tissus sur les trajet le plus court entre les deux électrodes. Une série de résistances fixes ou variables, directes ou en dérivations de 200000 à 400000 ohms complètent le circuit d'utilisation. Un appareillage ainsi constitué est capable de donner aux bornes 15 à 20 milliampères, intensité limite qui répond à toutes les affections et ne doit pas être dépassée. La largeur des électrodes suivant la région sur laquelle elles sont appliquées règle la densité au courant. En cas de sensibilité particulière du sujet rien n'empêche d'en réduire ou augmenter la surface et par compensation de diminuer ou prolonger la séance si on le juge nécessaire. Tous les résultats cliniques ont confirmé mes prévisions pour des affections inutilement traitées ou insuffisamment améliorées par de nombreux et longs soins médicaux et physiothérapiques antérieurs. Cette Note ne permet pas de les rapporter tout au long. Leur exposé paraîtra prochainement au complet dans une publication médicale. Elles peuvent toutefois être ainsi résumées afin d'en montrer tout l'intérêt et la grande variété.

Je signalerai d'abord deux impotences fonctionnelles des membres supérieurs gauche et droit avec zones d'insensibilité, atrophies des muscles dont certains présentaient la réaction de dégénérescence, des troubles trophiques et circulatoires des mains. Ces lésions étaient dues l'une et l'autre chez deux sujets différents à des blessures par balle transfixive de l'épaule correspondante avec inclusion cicatricielle probable du plexus brachial. Elles étaient justiciables d'une intervention chirurgicale. La rétrocession des troubles sensitifs fut immédiate et le retour des mouvements eut lieu après quatre traitements pour l'un des malades, pour l'autre, l'évolution est en partie achevée pour ce qui peut être récupéré. Une tendino-cellulite du tendon d'Achille gauche à son insertion calcanéenne, de la grosseur d'une petite noix ionisée à l'iodure de potassium pendant trois semaines sans résultat appréciable est atténuée en une séance au point que le patient peut s'élever sur la pointe des pieds. Elle est guérie après trois applications.

Deux arthralgies, l'une du coude, l'autre du genou, résultant d'un fracas par balle qui a nécessité une opération soit d'une part pour enlever des esquilles osseuses et régulariser les surfaces articulaires et de l'autre une résection partielle du ménisque, deviennent indolores, permettent les mou-

vements respectivement en deux et quatre séances avec disparition de l'œdème. Quatre autres arthralgies traumatiques sans lésions décelées à la radiographie, sont guéries, dont deux avec hydarthroses, la dernière étant à sa troisième ponction. Une lombalgie rebelle datant de sept mois guérie en une séance, permettant à la malade de porter des seaux d'eau, ce qu'elle ne faisait plus depuis fort longtemps. D'autres observations plus importantes encore sont en cours, mais celles qui existent et sont rapportées sont assez impressionnantes pour mériter d'être citées. Elles créent la certitude que le courant galvanique à haute tension doit désormais faire partie de l'électrothérapie. On peut encore envisager de plus hautes tensions avec l'espoir qu'un jour elles permettront peut-être de penser à la possibilité de disloquer et détruire ces cellules des tissus néoformés qui ont jusqu'à ce jour résisté et montré par leur développement invincible, notre impuissance à les guérir.

A 15^h45^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^h15^m.

A. Lx.

ERRATA.

—

(Séance du 5 décembre 1932.)

Note de M. *R. Sutra*, Acétolyse de l'amidon :

Page 1079, ligne 4 à partir du bas, *au lieu de* poudre cristalline, *lire* poudre d'apparence cristalline; ligne 2 à partir du bas, *au lieu de* la même poudre cristalline, *lire* la même poudre.

(Séance du 6 février 1933.)

Note de M. *A. Lalande*, Points de congélation des mélanges binaires d'alcool éthylique et d'éther éthylique :

Page 403, ligne 5, *au lieu de* 0,5 degré près, *lire* 0,05 degré près.

(Séance du 20 février 1933.)

Note de M[lle] *M. Quintin*, Étude du coefficient de température de la chaîne : cuivre, sulfate de cuivre; sulfate mercureux, mercure :

Page 539, ligne 28, le tableau doit être lu sous la forme suivante :

c mol-gr/litre..............	0,525	0,105	0,02625	0,0105	0,00525	0,00105
$\frac{\Delta E}{\Delta t} \cdot 10^{-4}$ volt par degré......	−4,0	−3,3	−2,1	−1,2	+0,3	+0,5

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 MARS 1933.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES RICHET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **Magnus de Sparre**, Correspondant pour la Section de Mécanique.

Notice nécrologique sur M. de Sparre, par M. **Léon Lecornu**.

Encore un deuil pour notre Académie. Comme vient de l'annoncer M. le Président, nous venons de perdre M. Magnus de Sparre, qui était depuis 1913 Correspondant pour la Section de Mécanique. Né en 1849, il était entré en 1868 à l'École Polytechnique. Parvenu au grade de capitaine d'artillerie, il avait démissionné pour se consacrer à l'enseignement. Docteur ès sciences mathématiques, il a longtemps professé à la Faculté des Sciences de l'Université catholique de Lyon, et il était devenu doyen de cette Faculté. L'Académie l'avait inscrit en 1918 sur la liste des candidats proposés pour une place de membre non résidant.

Doué d'un grand talent d'analyste, il n'abordait aucune question sans s'imposer la tâche de l'approfondir dans ses moindres détails, et souvent il rectifiait ainsi des erreurs commises par ses devanciers. Il démontra, par exemple, au sujet de la dynamique des corps solides, que la courbe appelée par Poinsot erpoloïde ne possède pas de points d'inflexion. Il a aussi perfectionné la théorie du pendule conique et celle du pendule de Foucault.

Les principaux travaux de M. de Sparre se rapportent à la balistique extérieure et à la propagation des coups de bélier dans les conduites d'eau.

La balistique extérieure constitue l'une des plus remarquables mais aussi

des plus difficiles applications de la mécanique. Il s'agit de déterminer le mouvement d'un projectile oblong, animé, à peu près autour de son axe, d'une grande vitesse de rotation, et sollicité à la fois par la pesanteur, par la force apparente provenant de la rotation de la Terre, enfin par la résistance de l'air. Ce problème a fait l'objet d'innombrables recherches, parmi lesquelles celles de M. de Sparre tiennent une place fort importante. Dès 1875, alors qu'il n'était encore âgé que de 26 ans, un spécialiste, le général russe Mayevski, écrivait : « Les recherches de M. le comte de Sparre ont incontestablement avancé de beaucoup la question balistique des projectiles oblongs. » Après la guerre mondiale, le bombardement de Paris par les Berthas a conduit M. de Sparre à rechercher ce qui se passe quand le projectile atteint les grandes altitudes où la pression atmosphérique est très réduite, et il a montré que les lois balistiques sont alors complètement modifiées.

En ce qui concerne les coups de bélier, qui intéressent à un haut degré l'industrie de la houille blanche, la contribution de M. de Sparre n'a pas été moins notable, et les prévisions de ses calculs ont été pleinement vérifiées par des expériences ultérieures.

M. de Sparre s'est encore occupé de la théorie des régulateurs, de celle des turbines hydrauliques, etc. Notre regretté confrère Rateau disait un jour, avec sa haute autorité, que M. de Sparre ne s'était jamais trompé, et ce n'était pas là de sa part un mince éloge.

L'Académie adresse à la famille de son éminent Correspondant l'expression de sa vive sympathie.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Nicolas Saltykow**, professeur à l'Université de Belgrade, qui assiste à la séance.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le tome 194 (janvier-juin 1932) des *Comptes rendus* est en distribution au Secrétariat.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Contribution à l'étude de la matière fulminante. Les phases de son explosion par refroidissement.* Note de M. **E. Mathias**.

1. Cas des foudres globulaires rouges. — La matière fulminante *pure*, électrisée, suffisamment refroidie, explose nécessairement; elle est habituellement *rouge sombre*. Voici une observation nette :

« ... Observé le 10 août 1831 quand un très violent orage dévastait *la Barbade*, dans l'archipel des Antilles. Le général W. Reid dit qu'un globe, *de couleur rouge sombre*, tomba verticalement avec un mouvement accéléré ressemblant à celui d'un corps pesant. Au voisinage de la terre, *devenant blanc éblouissant il s'allongea*, et, frappant sur la place Beckwill, s'éparpilla en mille morceaux comme du métal fondu et répandu. » [*Meteorologia Americana* (1).]

Trois phases nécessaires : une lumineuse, *apparition brusque du blanc éblouissant;* une *dilatation* simultanée, sous forme d'*un allongement;* après 1, 2, 3 secondes, l'*explosion*, facilitée ici par le choc contre la terre.

L'explosion est la décomposition progressive, avec une vitesse accélérée, d'une certaine quantité de matière fulminante en un temps très court; elle dégage beaucoup de chaleur en portant au blanc la partie décomposée et produisant une dilatation. Donc, *l'apparition brusque du blanc éblouissant à partir du rouge sombre annonce l'imminence de l'explosion.* Cela explique ce qui suit :

« Au plus fort de l'orage, M. de Poulpiquet avait mis son cheval au pas, lorsqu'il aperçut soudainement une lueur *rouge sombre* affectant la forme d'un demi-globe, qui se tenait comme suspendu au poitrail de l'animal, du côté droit. L'autre partie du globe, tournée vers le côté de la route, l'illuminait, au contraire, d'*une blanche et aveuglante clarté*.

Le cheval s'abattit, se releva, s'abattit deux fois encore, sans que la lueur qui s'attachait à lui disparût un instant. A sa dernière chute le globe éclata, sous la forme d'*un éclair qui s'éloigna un instant puis revint le frapper.* La pauvre bête était mortellement atteinte; elle expira presque aussitôt... Les voyageurs, en rouvrant les yeux que l'éclat de la foudre les avait obligés à fermer, ne virent plus qu'un nuage rougeâtre qui se dissipa peu après.

Un grand chêne qui bordait la route avait été atteint et déchiré dans toute sa hauteur; à ses pieds, la foudre avait creusé un trou transperçant le talus. C'est de là... qu'elle a gagné le milieu du chemin pour y produire les singuliers effets que nous venons de raconter.

M. de Poulpiquet est sorti sans la moindre blessure de cette aventure; mais une domestique, qui était à ses côtés, s'est ressentie d'une forte douleur au côté gauche. Son garçon, placé derrière lui, s'est senti, à un moment donné, enveloppé par le fluide; il a été renversé de la voiture, et depuis il souffre de la tête avec une forte sensation de brûlure à l'oreille droite. Une

---

(1) I. GALLI, *Mem. d. Pont. Acc. Rom. d. N. Lincei*, 28, 1910, § 10, p. 22.

odeur persistante de soufre ne l'a pas quitté pendant toute la soirée... » [D'une lettre adressée à l'*Océan* (*La Nature*), 1er semestre 1889, p. 39.]

Les deux moitiés du globe, contemporaines, devraient avoir la couleur rouge sombre; le blanc éblouissant montre que *le globe est dans sa première phase d'explosion*. Celle-ci va être dirigée vers la gauche, côté de l'hémisphère blanc. L'*éclair*, au moment de l'explosion, est la persistance des impressions sur la rétine d'un gros fragment de matière fulminante dirigé vers la gauche d'abord, mais qui, par une particularité de distribution des régions chaudes et froides (relativement), tourne après à angle aigu, *c'est-à-dire en arrière*, tuant alors le cheval, un fragment plus petit frappant au côté gauche la domestique assise devant à la gauche du maître, deux autres fragments passant entre eux pour frapper le garçon à la fois à la tête et à l'oreille droite [1].

2. Cas des foudres habillées, avec vêtement collant. — *Foudres blanches*. — C'est le cas de trois foudres sphériques observées par la famille Heynard au sommet du Puy de Dôme [2] et de la foudre *très blanche et floconneuse* observée au Sappey par M. Lacroix (Dossier *Houllevigue*).

Ici, la pellicule nuageuse collante voile le changement brusque de couleur qui précède l'explosion; on voit seulement la dilatation contemporaine accusée par l'*ovalisation horizontale* du globe, qui précède l'explosion de 1, 2, 3 secondes.

Foudres grises. — C'est le cas de la foudre ovale et très lumineuse, de 50^{cm} de long, vue peut-être à 2 ou 3^m par le receveur d'une papeterie parisienne qui, atterré par les éclairs et sa recette faite, retournait vivement de Noisy-le-Sec à Paris en suivant le bord droit de la grand'route.

Tout à coup, tonnerre extrêmement sec; *le receveur voit l'éclair et entend le bruit*, en même temps qu'il voit à sa gauche, un peu en arrière de lui, *une boule de feu très brillante et qui tourbillonne*. D'elle se dégagent *trois bouffées*, trois petits nuages de fumée grisâtre, d'une odeur âcre et suffocante, prenant à la gorge. L'odeur est *celle du soufre* ou mieux de la *poudre*

(1) Le phénomène débuta par la chute d'une *masse bleue* sur le grand chêne bordant la route. Ce globe, *souillé de soufre puisque sa surface émettait la couleur bleue caractéristique*, ayant, dans sa phase excavatrice, évaporé sa couche extérieure sulfureuse, paraissait une matière fulminante *pure*, accusant les couleurs rouge et blanc du corps *noir* qui se refroidit. La persistante odeur, qui n'a pas quitté le garçon blessé pendant toute une soirée, montre qu'il y avait encore du soufre dans les parties profondes de la matière fulminante.

(2) *Ann. de Phys.*, 9e série, 5, 1916, p. 565.

brûlée. La boule de feu à peine aperçue, l'observateur se sent frappé à la jambe gauche, renversé à terre, et s'évanouit [1].

Un dessin du professeur Charcot, d'après un croquis fait par le malade, montre que le déplacement horizontal est en sens contraire du dégagement des *bouffées* (appendice caudal intermittent). Ici, grâce au dessin, la nature est prise sur le fait : le globe est un vase à réaction ; le vêtement collant est fait d'un mélange de noir de fumée, de vapeur d'eau et de produits sulfurés et âcres montrant que la matière fulminante a absorbé des substances végétales et peut-être des écorces d'arbres en traversant obliquement le rideau d'arbres de la grand'route. Le noir de fumée abondant n'empêchait pas la foudre d'être vivement lumineuse, mais détruisait la sensation de couleur.

Comme précédemment, on ne voit que la dilatation accusée par l'*ovalisation horizontale* du globe, après quoi il a explosé aussitôt, blessant à la jambe gauche l'observateur et déterminant une paralysie de 2 mois qui a nécessité son entrée à l'hôpital.

3. Cas des éclairs fulgurants linéaires non instantanés. — Bien avant Gaston Planté, le vicomte Th. du Moncel avait écrit ceci : « ... Indépendamment des éclairs ordinaires... (on) en a vu et observé... plusieurs qui ne disparaissaient que petit à petit *après avoir pâli*, puis s'être comme fondus en lumière granulaire... » [2].

Dans un Mémoire récent, nous avons expliqué toutes les particularités de l'éclair en chapelet, sauf les mots « *après avoir pâli* », qui caractérisent la phase lumineuse *blanc éblouissant*, laquelle précède de peu l'explosion par refroidissement de la matière fulminante.

M. **Émile Borel** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie d'un douzième fascicule du grand *Traité de Calcul des Probabilités et de ses applications* dont je poursuis la publication, avec le concours de nombreux savants français et étrangers.

Ce nouveau fascicule : *Théorie mathématique de l'assurance invalidité et de l'assurance nuptialité* (*Définitions et relations fondamentales*) a été rédigé

(1) Charcot, *Leçons du mardi à la Salpêtrière* (*Policlinique*, 1888-1889, 19e Leçon, du 28 mai 1889 : *Accidents nerveux provoqués par la foudre*, p. 435-462).

(2) *Notice historique et théorique sur le tonnerre et les éclairs*, Paris, 1857, p. 54.

par M. Henri Galbrun, Docteur ès-sciences, actuaire de la Banque de Paris et des Pays-Bas, auquel étaient déjà dus deux fascicules sur *les assurances sur la vie*, très appréciés de tous ceux qui ont eu à en faire usage. Le nouveau travail de M. Galbrun rendra également les plus grands services, car il met au point de nombreuses questions fort importantes et très délicates.

Nous espérons arriver, d'ici peu d'années, à achever ce Traité où se trouveront rassemblées, pour la première fois, toutes les disciplines scientifiques qui se rattachent au Calcul des probabilités et à ses applications.

M. J. Costantin fait hommage à l'Académie d'un article qu'il vient de faire paraître dans la Revue française *La Nature* (1[er] mars 1933) intitulé : *Le secret de Java est-il la cure d'altitude?* On y voit figurer le volcan Tjérémé. Sous une forme romancée mais cependant très sérieuse, l'auteur fait dire à Soltwedel, l'inventeur de la cure d'altitude, à propos de la Canne *Kassœr* douée seule de résistance au Séreh, trouvée sur le volcan Moeriah et sur le mont Tjérémé : « il s'agit d'une plante sauvage qui aime à la fois les montagnes et les volcans. Je ne vois pas pourquoi elle aime les volcans, mais je commence à entrevoir les raisons pour lesquelles elle aime les montagnes ».

M. Stocklasa a prétendu, mais il a provoqué beaucoup de scepticisme, que les gaz émanés du Vésuve ont un effet radioactif qui explique la fécondité de la Campanie voisine où l'on fait jusqu'à trois récoltes de fruits en une année. On sait par les recherches de M. Blakeslee que le radium et les rayons X agissent sur le patrimoine héréditaire des plantes. Il en est peut-être de même des rayons ultraviolets. Est-ce là ce qui expliquerait l'action mystérieuse de la cure d'altitude. Ce serait peut-être alors le véritable secret de Java.

On trouvera dans cet article les portraits des savants éminents hollandais et étrangers qui ont contribué à l'étude du difficile problème de la dégénérescence.

M. C. Matignon fait hommage à l'Académie d'un volume intitulé *Le Collège de France* (1530-1930). *Livre jubilaire composé à l'occasion de son quatrième centenaire.*

PLIS CACHETÉS.

M. Charles Taguet demande l'ouverture d'un pli cacheté accepté en la séance du 28 novembre 1932 et enregistré sous le n° 10659.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note sur *Le traitement des tumeurs et des algies par le venin de Cobra*.

(Renvoi aux Sections d'Économie rurale et de Médecine et Chirurgie.)

COMMISSIONS.

Le scrutin pour la nomination des commissions de prix de 1933, ouvert en la séance du 27 février, est clos en celle du 6 mars.

51 cahiers de vote ont été déposés.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

I. Mathématiques : *Prix Francœur.* — MM. Émile Picard, Painlevé, Hamy, Lecornu, Hadamard, Goursat, Émile Borel, Lebesgue, Cartan.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. d'Ocagne, Drach.

II. Mécanique : *Prix Montyon*, *Poncelet*, *Boileau*, *Pierson-Perrin*. — MM. Émile Picard, Vieille, Lecornu, Goursat, Émile Borel, Drach, Jouguet, Villat, N....

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Laubeuf, M. d'Ocagne.

III. Astronomie : *Prix Lalande*, *Valz*, *G. de Pontécoulant*, *fondation Antoinette Janssen*. — MM. Émile Picard, Deslandres, Baillaud, Hamy, Lebesgue, A. Cotton, Esclangon, Maurain, A. de La Baume-Pluvinel.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Fichot, Ch. Fabry.

IV. Géographie : *Prix Gay*, *fondation Tchihatchef*, *prix Alexandre Givry*.

— MM. Douvillé, Mangin, Lallemand, Lecomte, Fournier, Bourgeois, Fichot, Perrier, Tilho.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. A. Lacroix, Ch. Maurain.

V. Navigation : *Prix du Ministère de la Marine*, *Plumey*. — MM. Émile Picard, Vieille, Lallemand, Lecornu, Fournier, Bourgeois, Laubeuf, Fichot, Perrier, Charcot, Drach, Émile Jouguet, Villat, Tilho, N....

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. E. Borel, Rey.

VI. Physique : *Prix Gaston Planté*, *Hébert*, *Henri de Parville*, *Hughes*, *Paul Marguerite de La Charlonie*, *fondations Danton*, *Clément Félix*. — MM. Émile Picard, Villard, Branly, Paul Janet, Brillouin, Perrin, A. Cotton, M. de Broglie, Ch. Fabry.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Émile Borel, A. de Gramont.

VII. Chimie : *Prix Montyon des arts insalubres*, *Jecker*, *fondation Cahours*, *prix Berthelot*, *Houzeau*. — MM. A. Lacroix, Le Chatelier, Béhal, Urbain, Gabriel Bertrand, Desgrez, Matignon, Delépine, Fosse.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Perrin, M. de Broglie.

VIII. Minéralogie et Géologie : *Prix Cuvier*, *Delesse*, *Victor Raulin*, *Joseph Labbé*, *James Hall*. — MM. A. Lacroix, Barrois, Douvillé, Wallerant, Mangin, L. de Launay, Sabatier, Cayeux, Ch. Jacob.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Perrin, A. Cotton.

IX. Botanique : *Prix Desmazières*, *Montagne*, *Jean Thore*, *de Coincy*. — MM. Bouvier, A. Lacroix, Mangin, Costantin, Lecomte, Dangeard, Gabriel Bertrand, Molliard, Blaringhem.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Viala, Lapicque.

X. Économie rurale : *Prix Bigot de Morogues*. — MM. Roux, Mangin, Costantin, Marchal, Leclainche, Viala, Calmette, Lapicque, Fosse.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Gabriel Bertrand, Blaringhem.

XI. Anatomie et Zoologie : *Prix Da Gama Machado*, *fondation Savigny*. — MM. A. d'Arsonval, Bouvier, A. Lacroix, Douvillé, Marchal, Joubin, Mesnil, Gravier, Caullery.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Ch. Richet, Cuénot.

XII. Médecine et Chirurgie : *Prix Montyon, Barbier, Bréant, Godard, Mège, Bellion, Larrey, Argut.* — MM. A. d'Arsonval, Roux, Branly, Charles Richet, Quénu, Leclainche, Bazy, Mesnil, Vincent, Calmette, Achard.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Joubin, Lapicque.

XIII. Physiologie : *Prix Montyon, Pourat, Philipeaux, Fanny Emden.* — MM. A. d'Arsonval, Roux, Mangin, Charles Richet, Quénu, Mesnil, Gravier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Vincent, Lapicque.

XIV. Statistique : *Prix Montyon.* — MM. Émile Picard, Lecornu, Lecomte, Émile Borel, M. d'Ocagne, Lebesgue, Drach.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Maurain, Cartan.

XV. Histoire et philosophie des sciences : *Prix Binoux.* — MM. Émile Picard, Bouvier, L. de Launay, Charles Richet, Émile Borel, Matignon, Caullery.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Joubin, Gravier.

XVI. Ouvrages de sciences : *Prix Henri de Parville.* — MM. Charles Richet, N..., Émile Picard, A. Lacroix, Émile Borel, Gravier, Paul Janet.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Lebesgue, Caullery, M. d'Ocagne.

XVII. *Médailles Arago, Lavoisier, Berthelot, Henri Poincaré.* — MM. Charles Richet, N..., Émile Picard, A. Lacroix.

XVIII. *Prix Gustave Roux, Thorlet, fondations Lannelongue, Trémont, Gegner, Hirn, Henri Becquerel, Mme Victor Noury, Octave Mirbeau, Charles Frémont.* — MM. Charles Richet, N..., Émile Picard, A. Lacroix, Lallemand, Bouvier.

XIX. *Prix fondé par l'État* (Grand prix des sciences physiques). — MM. d'Arsonval, A. Lacroix, Barrois, Douvillé, Le Chatelier, Dangeard, Caullery.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. de Launay, Gravier.

XX. *Prix Bordin* (Sciences mathématiques). — MM. Émile Picard, Painlevé, Lecornu, Hadamard, Goursat, Émile Borel, Lebesgue.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Deslandres, Cartan.

XXI. *Prix Lallemand.* — MM. d'Arsonval, Bouvier, Marchal, Charles Richet, Joubin, Mesnil, Gravier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Caullery, Lapicque.

XXII. *Prix Petit d'Ormoy* (Sciences mathématiques pures ou appliquées). — MM. Émile Picard, Painlevé, Lecornu, Hadamard, Émile Borel, Lebesgue, Fichot.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. M. d'Ocagne, Cartan.

XXIII. *Prix Petit d'Ormoy* (Sciences naturelles). — MM. Roux, Bouvier, A. Lacroix, Douvillé, Mangin, Dangeard, Joubin.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Mesnil, Fosse.

XXIV. *Prix Estrade-Delcros* (Sciences mathématiques). — MM. Émile Picard, Deslandres, Baillaud, Hamy, Goursat, Émile Borel, Lebesgue.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. M. d'Ocagne, Cartan.

XXV. *Prix Le Conte.* — MM. Charles Richet, N..., Émile Picard, A. Lacroix et sept membres qui seront élus ultérieurement.

XXVI. *Prix Parkin.* — MM. d'Arsonval, Roux, Charles Richet, Quénu, Vincent, Gabriel Bertrand, Desgrez.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Mesnil, Gravier.

XXVII. *Prix Saintour* (Sciences mathématiques). — MM. Émile Picard, Baillaud, Hamy, Borel, d'Ocagne, Lebesgue, A. Cotton.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Maurain, Cartan.

XXVIII. *Prix Lonchampt.* — MM. d'Arsonval, Roux, A. Lacroix, Mangin, Charles Richet, Leclainche, Gabriel Bertrand.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Mesnil, Gravier.

XXIX. *Prix Henry Wilde.* — MM. Émile Picard, Deslandres, A. Lacroix, Hamy, Émile Borel, Gabriel Bertrand, Perrin.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Esclangon, Jacob.

XXX. *Prix Charles Dupin.* — MM. Émile Picard, Émile Borel, M. d'Ocagne, Lebesgue, Fichot, Émile Jouguet, Cartan.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Charcot, Villat.

XXXI. *Prix Marquet* (Sciences physiques). — MM. Roux, A. Lacroix, Le Chatelier, Joubin, Mesnil, Fosse, Jacob.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Bouvier, Urbain.

XXXII. *Fondation Pierre Lafitte.* — MM. Villard, Branly, P. Janet, Brillouin, Perrin, A. Cotton, Ch. Fabry.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Émile Picard, Maurain.

XXXIII. *Fondation Roy-Vaucouloux.* — MM. Roux, Charles Richet, Quénu, Bazy, Joubin, Mesnil, Vincent.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Gravier, Lapicque.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Les maîtres d'une génération.* Pierre Duhem, par Pierre Humbert.

2° *Exercices d'Analyse*, par Gaston Julia. Tome III : *Équations différentielles.*

3° *Comptes rendus de l'*Association des Anatomistes, publiés par le Professeur Remy Collin, Secrétaire général de l'Association. Vingt-septième Réunion (Nancy, 21-23 mars 1932).

4° Edward Orton, Jr. *A Memorial.*

5° H.-R. Kruyt. *Les Colloïdes. Manuel de Chimie colloïdale.* Préface de M. Jacques Duclaux. (Présenté par M. G. Urbain.)

GÉOMÉTRIE. — *Sur le théorème de Poncelet et une classe de cyclides.* Note (1) de M. René Lagrange, présentée par M. Élie Cartan.

J'ai montré (2) que le théorème de Poncelet pouvait être étendu à un faisceau de quadriques. Avec une seule quadrique du faisceau, on peut compléter ces remarques par le théorème suivant.

Théorème. — *Si une ligne polygonale se meut en restant tracée sur une quadrique* Q *et inscrite dans une biquadratique* Λ, *l'intersection de deux côtés*

---

(1) Séance du 27 février 1933.

(2) *Sur le théorème de Poncelet* (*Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 319-321).

séparés par $2k$ *côtés consécutifs décrit une biquadratique inscrite dans l'octogone tracé sur* Q *et circonscrit à* A. *Si cette ligne polygonale se ferme pour une position particulière, elle est constamment fermée.*

En rapportant le faisceau à son tétraèdre autopolaire, les équations de A sont de la forme

$$Q \equiv x^2 - y^2 - z^2 - t^2 = 0, \qquad Q' \equiv Ax^2 + By^2 + Cz^2 + Dt^2 = 0;$$

les équations paramétriques de Q sont

$$x = \rho\rho_1 + 1, \qquad y = \rho\rho_1 - 1, \qquad z = \rho_1 + \rho, \qquad t = \rho_1 - \rho,$$

de sorte que l'équation aux ρ, ρ_1 de A est

$$f(\rho, \rho_1) \equiv (A + B)(\rho^2\rho_1^2 + 1) + 2(A - B + C - D)\rho\rho_1 + (C + D)(\rho^2 + \rho_1^2) = 0,$$

de la forme de l'équation d'une conique Γ' en fonction des paramètres des tangentes à une conique Γ. Or les théorèmes de Poncelet relatifs aux lignes polygonales inscrites dans Γ' et circonscrites à Γ résultant des propriétés de l'élimination de $\rho_1, \rho_2, \ldots, \rho_{n-1}$ entre les n équations consécutives (¹)

$$f(\rho, \rho_2) = 0, \qquad f(\rho_1, \rho_2) = 0, \qquad \rho \neq \rho_2 \ldots, \qquad f(\rho_{n-1}, \rho_n) = 0, \qquad \rho_{n-2} \neq \rho_n.$$

On sait que l'équation résultante $\Phi(\rho, \rho_n) = 0$ est également biquadratique et que son discriminant relatif à ρ_n est un trinome bicarré en ρ, dont les quatre zéros sont indépendants de n. A ceux-ci correspondent quatre génératrices de Q dans chaque famille. Ces huit génératrices sont les côtés de l'octogone en question. Le théorème découle de là lorsque n est impair.

Considérons alors deux cercles C, C_1 de l'espace et le lieu S_K des points M dont le rapport des puissances par rapport à C, C_1 a la valeur constante K. F et Φ étant les foyers de C, F_1 et Φ' ceux de C_1, S_K est défini par l'équation $MF . M\Phi - K MF_1 . M\Phi_1 = 0$. Cette surface est donc engendrée par le cercle Γ_h d'équations. $MF_1 - hMF = 0$, $M\Phi - KhM\Phi_1 = 0$, intersection de deux sphères de deux faisceaux se correspondant homographiquement. L'axe de Γ_h décrit donc une quadrique Q contenant les droites FF_1 et $\Phi\Phi_1$. En outre Γ_h s'appuie sur les deux cercles de foyers F, F_1 et Φ, Φ_1, et reste donc orthogonal à la sphère Σ qui passe par ces quatre foyers. On vérifie ainsi que S_k est une cyclide de directrice Σ et de déférente

(¹) Cf. Darboux, *Principes de Géométrie analytique*, p. 250-266.

associée Q. En permutant les rôles de F et de Φ, on voit que Q passe par le quadrilatère $FF_1 \Phi\Phi_1$.

L'extension du théorème de Poncelet permet alors de tracer sur Q une infinité de tels quadrilatères $F'F'_1 \Phi'\Phi'_1$ inscrits dans Σ. Les deux couples de sommets opposés F', Φ' et $F'_1 \Phi'_1$ sont les foyers de deux cercles C', C'_1 servant de bases à une infinité de cyclides $S'_{k'}$ de directrice Σ, et dont la déférente associée Q', qui dépend du rapport K' des puissances, contient ce quadrilatère. En choisissant K' pour que Q et Q' aient un point commun hors des côtés de ce quadrilatère, Q' coïncide avec Q donc $S'_{k'}$ avec S_k. Par conséquent *la cyclide lieu des points dont le rapport des puissances par rapport à deux cercles fixes est constant peut être définie de la même façon par rapport à une infinité de couples de cercles.* On voit comment ces bases se déduisent les unes des autres et qu'elles sont orthogonales à une même sphère. Il résulte encore de l'invariance anallagmatique du rapport k des puissances réduites (¹) qu'à une même valeur de k correspondent quatre bases, inverses l'une de l'autre par rapport aux directrices de S_k distinctes de Σ.

Lorsque C et C_1 sont paratactiques, au besoin une inversion permet de supposer que les quatre foyers ne sont pas coplanaires. Q et Σ se coupent suivant un quadrilatère isotrope $ff_1\varphi\varphi_1$ dont deux des côtés ff_1, $\varphi\varphi_1$ coïncident avec FF_1, $\Phi\Phi_1$ par exemple. Les deux cercles correspondant à ce quadrilatère sont conjugués de sorte que S_k est une cyclide de Dupin. On peut choisir arbitrairement F', F'_1 sur la droite ff_1, ou F', Φ'_1 sur la droite $f\varphi_1$. On retrouve ainsi la faculté de la cyclide de Dupin d'être définissable de $2 \times \infty^2$ manières comme le lieu des points dont le rapport des puissances par rapport à deux cercles paratactiques est constant (²).

Pour que la cyclide d'équation

$$(x^2+y^2+z^2)^2+4(ax^2+a'y^2+a''z^2)+8(cx+c'y+c''z)4d=0$$

soit un lieu S_k, il faut et il suffit que pour l'un des cinq couples directrice-déférente

$$Q \equiv \frac{x^2}{a-\lambda}+\frac{y^2}{a'-\lambda}+\frac{z^2}{a''-\lambda}+1=0,$$

$$\Sigma \equiv x^2+y^2+z^2+\frac{2cx}{a-\lambda}+\frac{2c'y}{a'-\lambda}+\frac{2c''z}{a''-\lambda}-2\lambda=0,$$

(¹) André Bloch appelle puissance réduite le quotient de la puissance par le rayon du cercle.

(²) ANDRÉ BLOCH, *Journ. de Math.*, 3, 1924, p. 51-77.

où λ est racine de l'équation

$$\varphi(\lambda) \equiv \frac{c^2}{a-\lambda} + \frac{c'^2}{a'-\lambda} + \frac{c''^2}{a''-\lambda} + \lambda^2 - d = 0,$$

la condition de fermeture (¹) $D_4 = 0$ soit vérifiée pour 4 quadriques du faisceau $Q_\rho \equiv Q + \rho\Sigma = 0$ coïncidant avec Q. On trouve ainsi aisément qu'il faut et il suffit que soit nul le résultant de $\varphi(\lambda) = 0$ et de

$$\psi(\lambda) \equiv (\lambda - a + a' + a'')(\lambda + a - a' + a'') \times (\lambda + a + a' - a'') - \mathop{\mathrm{S}} \frac{4c^2(\lambda - a + a' + a'')}{\lambda - a} = 0.$$

GÉOMÉTRIE. — *Construction effective et générale de la transformation de Cremona dans le plan et dans l'espace.* Note de M. **Glagoleff**, présentée par M. Élie Cartan.

Soient (A) et (B) deux faisceaux de courbes de degré m et n, situés dans le plan P et (A'), (B') deux faisceaux de courbes de degré q et p situés dans le plan P'. Les faisceaux (A) et (A'), (B) et (B') sont en correspondance projective : à chaque point (x) d'intersection des courbes (A) et (B), déterminées correspondent les pq points (y) d'intersection des courbes A', B' homologues. Si le point (x) décrit une droite, les points (y) décrivent une courbe d'ordre $mp + nq$ et vice versa.

Choisissons des faisceaux (A) et (B) particuliers, dont les points de base sont confondus, de sorte que deux courbes A et B quelconques se coupent, en dehors des points de base, en un seul point (x) mobile. De même pour les faisceaux (A') et (B'). La transformation $(x) \rightarrow (y)$ obtenue est biunivoque, donc cremonienne de l'ordre $mp + nq$. L'examen du tableau des transformations cremoniennes nous montre sans peine que ce choix est possible. D'autre part, il est facile de montrer que toute transformation de Cremona peut s'obtenir de cette façon.

Exemple : soit $m = n = p = q$. La transformation cremonienne d'ordre n dont les centres ont respectivement les multiplicités $m_1, m_2, \ldots, m_k$ nous donne une transformation cremonienne de l'ordre $2n^2$ dont les centres sont : 1° les centres de la transformation primitive, avec les multiplicités $2m_1n, 2m_2n, \ldots, 2m_kn$; 2° les centres du réseau conjugué de la transformation primitive; 3° trois points de multiplicité n.

(¹) Cf. R. Lagrange, *loc. cit.*

La construction indiquée se généralise dans l'espace. Soient (A), (B), (C) trois faisceaux de surfaces d'ordre m, n, p respectivement, qui ont un seul point d'intersection mobile; de même pour les faisceaux (A'), (B'), (C') d'ordre m_1, n_1, p_1. Les correspondances projectives entre les faisceaux (A) et (A'), (B) et (B'), (C) et (C') établies, nous obtenons une transformation cremonienne, entre deux espaces, d'ordre $m n_1 p_1 + n m_1 p_1 + p m_1 n_1$ dans un sens et $m_1 n p + n_1 m p + p_1 m n$ dans l'autre.

La construction en question contient comme cas particuliers toutes les transformations cremoniennes connues (Geiser, Sturm et autres).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une application de la théorie des perturbations de Schrödinger à un problème où la dégénérescence persiste jusqu'à l'approximation n (équation de Mathieu).* Note de M. **Jacques Winter**, présentée par M. Brillouin.

Si l'on considère l'équation de Mathieu

$$\text{(E)} \qquad \frac{d^2 y}{dx^2} + (\lambda + 2h^2 \cos 2x) y = 0,$$

on sait que le plan des (λ, h^2) est partagé en deux types de régions : celles où il existe des solutions quasi périodiques et celles où il n'en existe pas [1]. On sait aussi que les courbes qui séparent ces régions et sur lesquelles il existe une solution périodique se rejoignent deux par deux aux points $\lambda = n^2$ (n entier), $h^2 = 0$, et y ont des contacts d'ordre $n - 1$ respectivement. Mais la démonstration donnée est assez artificielle. On peut rattacher cette propriété à la théorie générale des perturbations des valeurs propres et des fonctions propres de Schrödinger. On se trouve, en effet, en face d'un problème de valeurs propres, quand on impose à y et à dy/dx la condition de reprendre les mêmes valeurs aux points $x = 0$, $x = 2\pi$. Nous aurons une illustration du cas où la dégénérescence persiste jusqu'à un certain ordre au cours du calcul d'approximation.

Considérons $(2h^2 \cos 2x) y$ comme un terme perturbateur et étudions ce qui se passe au voisinage de la valeur propre $\lambda = n^2$. On posera

$$\text{(1)} \qquad \lambda = n^2 + h^2 \varepsilon_1 + h^4 \varepsilon_2 + \ldots + h^{2i} \varepsilon_i + \ldots$$

---

(1) Voir Strutt, *Lamé sche, Mathieu'sche und verwandte funktionen in Physik und technik*, Berlin, 1932, p. 31 et suiv.

et, de même, en désignant par z la fonction propre,

$$(2)\qquad z = \beta_1 \cos nx + \beta_2 \sin nx + h^2\varphi_1(x) + h^4\varphi_2(x) + \ldots + h^{2i}\varphi_i(x) + \ldots.$$

Portons ces développements dans (E) et annulons le terme en h^2

$$(3)\quad \varphi''_1 + n^2\varphi_1 + \varepsilon_1(\beta_1 \cos nx + \beta_2 \sin nx) + 2\cos 2x(\beta_1 \cos nx + \beta_2 \sin nx) = 0.$$

Les conditions d'orthogonalité donnent

$$(4)\quad \left\{ \begin{aligned} &\left(\int_0^{2\pi} 2\cos^2 nx \cos 2x \, dx + \varepsilon_1\right)\beta_1 + \left(\int_0^{2\pi} \sin 2nx \cos 2x \, dx\right)\beta_2 = 0,\\ &\left(\int_0^{2\pi} \sin 2nx \cos 2x \, dx\right)\beta_1 + \left(\int_0^{2\pi} 2\sin^2 nx \cos 2x \, dx + \varepsilon_1\right)\beta_2 = 0. \end{aligned}\right.$$

Si $n > 1$, la dégénérescence ne sera pas levée puisqu'on ne pourra pas déterminer β_1 et β_2 et l'on aura $\varepsilon_1 = 0$. L'équation (3) montre que φ_1 a la forme (puisque la solution générale de l'équation non perturbée n'intervient plus)

$$(5)\quad \left\{ \begin{aligned} \varphi_1 = {} & \beta_1[\alpha^{(1)}_{n+2}\cos(n+2)x + \alpha^{(1)}_{n-2}\cos(n-2)x]\\ & + \beta_2[\alpha^{(1)}_{n+2}\sin(n+2)x + \alpha^{(1)}_{n-2}\sin(n-2)x], \end{aligned}\right.$$

les α étant des coefficients numériques qui sont les mêmes pour les sinus et cosinus des mêmes arcs. L'annulation des termes en h^4 dans (E) donnera

$$(6)\qquad \varphi''_2 + n^2\varphi_2 + \varepsilon_2(\beta_1 \cos nx + \beta_2 \sin nx) + 2\cos 2x.\varphi_1 = 0.$$

En raison de la forme de φ_1, les conditions d'orthogonalité pourront s'écrire (A étant le coefficient de $\beta_1 \cos nx$ et de $\beta_2 \sin nx$ dans $2\cos 2x.\varphi_1$)

$$(7)\qquad \left\{ \begin{aligned} \beta_1(\varepsilon_2 + A) = 0,\\ \beta_2(\varepsilon_2 + A) = 0. \end{aligned}\right.$$

La dégénérescence n'est pas levée puisque ces deux équations ne permettent pas de déterminer β_1 et β_2; d'une façon générale on aura

$$(8)\qquad \varphi''_i + n^2\varphi_i + \varepsilon_i(\beta_1 \cos nx + \beta_2 \sin nx) + \sum_{p=1}^{i-2} \varepsilon_{i-p}\varphi_p + 2\cos 2x.\varphi_{i-1} = 0$$

avec

$$(9)\quad \begin{aligned} \varphi_{i-1} = {} & \beta_1\{\alpha^{(i-1)}_{n+2(i-1)}\cos[n+2(i-1)]x + \ldots + \alpha^{(i-1)}_{n-2(i-1)}\cos[n-2(i-1)]x\}\\ & + \beta_2\{\alpha^{(i-1)}_{n+2(i-1)}\sin[n+2(i-1)]x + \ldots + \alpha^{(i-1)}_{n-2(i-1)}\sin[n-2(i-1)]\} \end{aligned}$$

Les conditions d'orthogonalité auront encore la forme (7) puisque les coefficients de $\beta_1 \cos nx$ et $\beta_2 \sin nx$ dans (8) sont les mêmes. La dégénéres-

cence sera levée seulement pour $i = n$. En effet, (8) et (9) montrent que nous avons alors des termes en $\beta_1 \cos(-nx)$ et en $\beta_2 \sin(-nx)$ avec des coefficients égaux, C. Les conditions d'orthogonalité s'écriront alors [B désignant les coefficients de $\beta_1 \cos nx$ et de $\beta_2 \sin nx$ dans (8)]

$$(10) \qquad \begin{cases} \beta_1(\varepsilon_n + B + C) = 0, \\ \beta_2(\varepsilon_n + B - C) = 0. \end{cases}$$

La dégénérescence est ici levée puisqu'il faut prendre soit β_1 soit β_2 nul. Les fonctions propres perturbées auront bien pour termes principaux $\cos nx$ et $\sin nx$.

Ce calcul est immédiatement généralisable au cas où l'on prendrait un terme perturbateur périodique plus compliqué. Si l'on prend une fonction paire quelconque de période π, on voit que le contact, au voisinage du point $\lambda = n^2$, sera en général abaissé. Si l'on n'impose plus à la fonction perturbatrice la condition d'être paire, les fonctions propres perturbées auront pour termes principaux des combinaisons linéaires de $\cos nx$ et $\sin nx$, et non plus d'une part $\cos nx$, et d'autre part $\sin nx$.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur les groupes de transformations pseudo-conformes.* Note de M. **Henri Cartan**, présentée par M. Élie Cartan.

Considérons, dans l'espace de p variables complexes $z_1, \ldots, z_p$, un groupe G de transformations pseudo-conformes dépendant de r paramètres réels $t_1, \ldots, t_r$,

$$(G) \qquad z'_j = \varphi_j(z_1, \ldots, z_p;\ t_1, \ldots, t_r) \qquad (j = 1, \ldots, p),$$

sur lequel nous ferons les hypothèses suivantes :

1° Les fonctions φ_j sont définies et *uniformément bornées* au voisinage de $z = t = 0$;

2° Pour chaque système de valeurs des paramètres t, les φ_j sont *holomorphes* en $z_1, \ldots, z_p$; pour chaque système de valeurs des z, les φ_j sont *continues* par rapport à l'ensemble des variables $t_1, \ldots, t_r$;

3° La transformation identique correspond à $t_1 = \ldots = t_r = 0$, et la *structure* du groupe G est *de Lie ;* autrement dit, on peut choisir les paramètres t de façon que la loi de composition des paramètres soit *analytique*.

Je vais démontrer que, dans ces conditions, *les φ_j sont des fonctions analytiques de toutes les variables z et t.* En d'autres termes, *si l'on a un groupe* G *de transformations pseudo-conformes, et si le groupe des paramètres est un*

groupe de Lie, le groupe G *est lui-même un groupe de Lie.* Toutefois nous avons fait l'hypothèse primo, qui paraît d'ailleurs naturelle ; elle se trouve évidemment vérifiée si les transformations de G laissent invariant un domaine *borné*.

Lemme [1]. — Moyennant les hypothèses 1° et 2°, les φ_j et leurs dérivées $\partial\varphi_j/\partial z_k$ sont *continues par rapport à l'ensemble* des variables z et t.

Ce lemme étant admis, tout revient à montrer qu'à chaque transformation infinitésimale du groupe des paramètres correspond une transformation de G ; il suffit donc d'envisager le cas d'un *groupe à un paramètre*

$$z'_j = \varphi_j(z_1, \ldots, z_p; t), \tag{1}$$

et de prouver que chaque φ_j admet, pour $t=0$, une *dérivée* $\partial\varphi_j/\partial t$ égale à une fonction *holomorphe* de $z_1, \ldots, z_p$. C'est ce que nous allons faire voir.

La loi de composition pour t étant supposée être l'addition, on a

$$\varphi_j[\varphi_1(z; t), \ldots, \varphi_p(z; t); \theta] = \varphi_j(z; t+\theta); \tag{2}$$

ces identités sont valables si t, θ et les z sont assez petits ; mais on peut, en multipliant le paramètre par une constante réelle, se ramener au cas où t et θ peuvent être pris entre -2π et $+2\pi$.

Les φ_j et les $\partial\varphi_j/\partial z_k$, étant continues par rapport à l'ensemble des variables z et t, sont uniformément continues ; il en résulte que toute intégrale

$$\int_0^{2\pi} \varphi_j(z; t)\, u(t)\, dt,$$

où $u(t)$ est continue, est une fonction *holomorphe* des z, à laquelle on peut appliquer la règle de différentiation sous le signe somme.

Écrivons les développements de φ_j et de $\partial\varphi_j/\partial z_k$ des séries de Fourier pour $0 \leqq t \leqq 2\pi$:

$$\varphi_j(z; t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} e^{int} \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \varphi_j(z; \theta)\, e^{-in\theta}\, d\theta, \tag{3}$$

$$\frac{\partial\varphi_j(z; t)}{\partial z_k} = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} e^{int} \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \frac{\partial\varphi_j(z; \theta)}{\partial z_k}\, e^{-in\theta}\, d\theta. \tag{4}$$

---

[1] La démonstration de ce lemme est fort simple et repose sur le théorème classique : « Si une suite de fonctions holomorphes et uniformément bornées converge, elle converge uniformément » ; il suffit alors d'appliquer les propositions de Weierstrass relatives à la convergence uniforme des suites de fonctions holomorphes.

On voit que l'on passe de (3) à (4) en différentiant terme à terme par rapport à z_k. Posons

$$\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\varphi_j(z\,;\,\theta)\,e^{-in\theta}\,d\theta = \psi_j^n(z).$$

Les $\psi_j^n(z)$ sont holomorphes et le déterminant fonctionnel des φ_j par rapport aux z_k est égal, pour $t=0$, à

$$\sum_{n_1}\cdots\sum_{n_p}\frac{d(\psi_1^{n_1},\,\ldots,\,\psi_p^{n_p})}{d(z_1,\,\ldots,\,z_p)};$$

comme il est identique à *un* pour $t=0$, *il existe p entiers* $n_1, \ldots, n_p$ *tels que le déterminant fonctionnel de* $\psi_1^{n_1}, \ldots, \psi_p^{n_p}$, *par rapport à* $z_1, \ldots, z_p$ *soit différent de zéro pour* $z=0$. Posons alors

$$f_j(z) = \psi_j^{n_j}(z) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\varphi_j(z\,;\,\theta)\,e^{-in_j\theta}\,d\theta.$$

Effectuons maintenant sur les z la transformation (1); il vient

$$f_j(z') = f_j[\varphi_1(z\,;\,t),\,\ldots,\,\varphi_p(z\,;\,t)] = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\varphi_j[\varphi_1(z,\,t),\,\ldots,\,\varphi_p(z,\,t);\,\theta]\,e^{-in_j\theta}\,d\theta;$$

l'identité (2) et un calcul élémentaire donnent

$$f_j(z') = e^{in_jt}\left\{f_j(z) + \frac{1}{2\pi}\int_0^{t}[\varphi_j(z\,;\,\theta+2\pi) - \varphi_j(z\,;\,\theta)]\,e^{-in_j\theta}\,d\theta\right\}.$$

Or le second membre est une fonction de t qui admet, pour $t=0$, une *dérivée* égale à une fonction *holomorphe* des variables z. Donc, si l'on effectue le changement de variables

$$Z_j = f_j(z),$$

ce qui est permis au voisinage de $z_j = 0$ puisque le jacobien des f_j n'est pas nul, les équations (1) prennent la forme

$$Z'_j = \Phi_j(Z_1,\,\ldots,\,Z_p;\,t),$$

et chaque Φ_j admet, pour $t=0$, une dérivée $\partial\Phi_j/\partial t$ égale à une fonction de $Z_1, \ldots, Z_p$, holomorphe au voisinage du système de valeurs

$$Z_j = f_j(0).$$

C. Q. F. D.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les décompositions des fonctions uniformes.* Note de M. N. **Aronszajn**, présentée par M. Émile Borel.

Dans ma dernière Note (voir *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 521), j'ai donné des applications d'un théorème général A aux décompositions d'une fonction uniforme et holomorphe en somme et en produit. Dans la présente Note, je vais donner d'autres applications de ce théorème.

1. *Décomposition des fonctions multiformes.* — On obtient une branche uniforme d'une fonction multiforme en menant une coupure dans le plan de la variable z. Les points de la coupure devront être comptés dans l'ensemble de singularités F de la branche considérée $f(z)$. Mais, parmi les points de F, on distinguera les points pseudo-singuliers au delà desquels on peut prolonger $f(z)$ de tous les côtés de la coupure. Ceci dit, décomposons l'ensemble F en deux ensembles fermés F_1 et F_2, dont les points communs forment un ensemble composé d'un nombre fini des points pseudo-singuliers $a_1, \ldots, a_n$, chacun de ceux-ci étant l'extrémité de deux arcs, un appartenant à F_1, l'autre à F_2. La décomposition correspondante (en vertu du théorème A) $f(z)=f_1(z)+f_2(z)$ présentera alors des propriétés particulières, notamment $f_1(z)$ et $f_2(z)$ sont des branches des fonctions multiformes qui ont des singularités logarithmiques simples aux points $a_1, \ldots, a_n$ [dans le sens que, par exemple, $f_1(z)-\varphi(z)\log(z-a_1)$ est holomorphe en a_1, si $\varphi(z)$ est une fonction holomorphe en a_1 choisie convenablement], et qui, en outre, n'ont de singularités qu'aux points singuliers de $f(z)$ [dans le sens que $f_k(z)$ est prolongeable sur tout chemin évitant les points $a_1, \ldots, a_n$ si seulement $f(z)$ y est prolongeable].

On déduit de là l'énoncé suivant :

Si deux fonctions analytiques multiformes n'ont qu'un seul point singulier commun (ou, plus exactement, n'ont qu'un seul affixe commun parmi les affixes de leurs points singuliers), *ce point sera singulier aussi pour leur somme.* Cependant, ceci n'aura pas nécessairement lieu dans le cas d'un pôle, d'un point singulier isolé, d'un point critique logarithmique simple, ou encore quand la fonction se décompose en deux parties, dont chacune présente une des trois singularités énumérées. Ces cas exceptionnels se présentent effectivement, par exemple,

$$\frac{1}{z}+\left(-\frac{1}{z}\right),\quad e^{\frac{1}{z}}+\left(-e^{\frac{1}{z}}\right),\quad \log\left(\frac{z+1}{z}\right)+\log\left(\frac{z}{z-1}\right).$$

Moyennant certaines précautions, on pourrait étendre ce théorème au cas de plusieurs points singuliers communs.

2. *Fonctions entières.* — On connaît plusieurs opérations additives transformant les fonctions entières $\Phi(z)$ en fonctions $f(z)$ présentant des singularités à distance finie. Certaines de ces singularités sont déterminées par l'allure de la fonction $\Phi(z)$ à l'infini.

Pour chaque décomposition de l'ensemble de singularités de $f(z)$, il existe, d'après le théorème A, une décomposition $f(z)=f_1(z)+f_2(z)$, et si l'opération additive en question est réversible, il en résultera une décomposition $\Phi(z)=\Phi_1(z)+\Phi_2(z)$. Ce procédé permet d'étudier plus profondément la relation entre la fonction entière $\Phi(z)$ et toutes les singularités de la fonction associée $f(z)$.

A titre d'exemple, considérons la sommation de Borel (¹) dans la forme que lui a donnée G. Polya (¹). Nous prendrons donc maintenant une fonction entière $\Phi(z)$ d'ordre 1 et du type moyen, et nous poserons

$$f(z)=\int_0^\infty e^{-\alpha}\Phi\left(\frac{\alpha}{z}\right)\frac{d\alpha}{z}.$$

Soient p et q les extrémités d'un segment de la frontière du diagramme indicateur de $f(z)$ (le sens de p à q sur ce segment étant positif par rapport à l'intérieur du diagramme). *Pour qu'il n'y ait pas de singularités de $f(z)$ sur ce segment entre p et q, il faut et il suffit qu'il existe une décomposition $\Phi(z)=\Phi_1(z)+\Phi_2(z)$, où Φ_1 et Φ_2 sont des fonctions entières telles que, en posant*

$$h_k(\psi)=\overline{\lim_{\rho=\infty}}\frac{\log|\Phi_k(\rho e^{i\psi})|}{\rho}\qquad \textit{pour}\quad k=1,\ 2,$$

on ait

$$h_1(\psi)=|p|\cos(\psi_1+\psi)\qquad \textit{pour}\quad -\psi_0>\psi>-\psi_0-\varepsilon_1,\qquad \psi_1=\arg p,$$
$$h_2(\psi)=|q|\cos(\psi_2+\psi)\qquad \textit{pour}\quad -\psi_0+\varepsilon_2>\psi>-\psi_0;\qquad \psi_2=\arg q,$$

où $\psi_0=[\arg(q-p)-\pi/2]$ et ε_1, ε_2 sont des nombres positifs convenablement choisis.

S'il y a des singularités de $f(z)$ entre p et q, on pourra caractériser leurs types (pour certains types simples) par des décompositions spéciales de $\Phi(z)$. On utilisera pour ce but les développements de M. Haar (*Math. Ann.*, 96, 1927, p. 69).

(¹) Cf. E. Borel, *Séries divergentes*, p. 171, et G. Polya, *Math. Zeitsch.*, 29, 1929, p. 585.

3. *Extension du théorème aux fonctions harmoniques.* — On peut obtenir, pour les fonctions harmoniques habituelles de n variables (et même pour les fonctions harmoniques d'ordre $p > 1$), un théorème tout à fait analogue à notre théorème A. Ceci tient au fait qu'il existe pour ces fonctions la formule de Green (ou respectivement ses généralisations) qui remplace dans la démonstration du théorème A la formule de Cauchy.

Le théorème A s'appliquant aux fonctions harmoniques (d'ordre $\geqq 1$), tous les développements du paragraphe 1 de notre Note précédente (citée plus haut) s'étendent *ipso facto* à ces fonctions.

Le théorème A s'étend aux classes de fonctions encore beaucoup plus larges que celle de fonctions harmoniques d'ordre p. Il se pose donc tout naturellement le problème de rechercher quelles sont en général les classes de fonctions pour lesquelles notre théorème est valable. En particulier, il serait intéressant d'étudier de ce point de vue les solutions des équations différentielles aux dérivées partielles, linéaires, d'ordre fini ou infini.

Ajoutons encore que le théorème A n'est pas valable pour les fonctions analytiques et uniformes de plusieurs variables complexes (au moins dans sa forme actuelle).

MOTEURS A EXPLOSION. — *Sur l'oxydation* (¹) *de quelques hydrocarbures.* Note de Mlle **Estradère**, présentée par M. A. Cotton.

En liaison avec le Service des Recherches du Ministère de l'Air, nous avons étudié l'oxydation par l'oxygène de quelques hydrocarbures en C^6, dans les conditions les plus favorables à la production des explosions [phénomène analogue à celui du choc (²) dans les moteurs].

La méthode opératoire est celle de l'oxydation sous pression constante. Notre dispositif expérimental comporte, outre un générateur d'oxygène à débit réglable, un condenseur et un gazomètre, deux organes essentiels : le carburateur et le four.

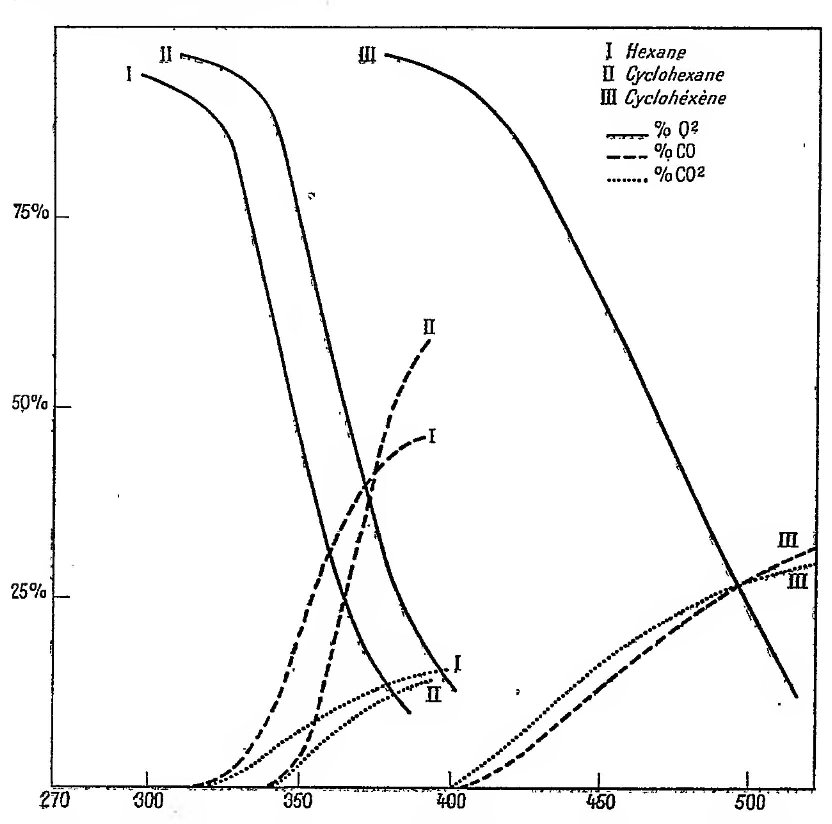
Le carburateur en pyrex permet une vaporisation à vitesse variable du carbure dans le tube abducteur d'oxygène par une fente de 1^{mm} de largeur.

(¹) Mondain-Mondal et Quanquin, *Ann. de Chim.*, 10, 1931, p. 309; Prettre, *Ann. de l'Office Nat. des Comb. liq.*, 6, 1931, p. 7, 269 et 533; Wilken et Jorden, *J. Chem. Met. Min. Soc. S. Africa.*, 32, 1932, p. 283.

(²) Campbell Wheeler et Lovell, *Ind. and Eng.*, 23, 1931, p. 26.

On peut ainsi régler la composition des mélanges, leur débit, et éviter la propagation des explosions à l'intérieur du carburateur.

Le four, en pyrex également, est constitué par un tube soigneusement rempli de baguettes de verre de 3^{mm} de diamètre et un thermomètre. Il constitue une grande surface chauffante n'offrant au passage des gaz que de longs canaux très étroits.



L'ensemble du dispositif permet d'éviter les explosions dangereuses.

Nous donnerons dans cette Note les résultats comparatifs obtenus au cours de l'oxydation de l'hexane, du cyclohexane et du cyclohexène dans les conditions suivantes: Composition moléculaire du mélange carbure/oxygène = 4/1 ; pression = 1^{atm} ; débit du mélange = 9,25 lit.-heure. Les fours employés sont identiques entre eux.

Chaque opération dure une demi-heure ; les produits sont entièrement recueillis dans le condenseur et le gazomètre ; nous recherchons dans les produits condensés l'existence des peroxydes par la réaction de l'iodure de

potassium, et nous déterminons la teneur pour 100 des gaz en oxygène, oxyde de carbone, et acide carbonique.

Les courbes ci-dessus résument toutes les opérations pratiquées en fonction de la température et permettent de faire les observations suivantes :

1° La phase d'oxydation active ou « période secondaire » (¹) débute au moment ou l'oxygène décroît rapidement dans les gaz ; ceci a lieu respectivement vers 330, 340, et 410° pour l'hexane, le cyclohexane et le cyclohexène.

2° On voit simultanément apparaître l'oxyde de carbone en quantités importantes.

3° Dans chaque cas la réaction à l'iodure de potassium a été nettement positive dans un intervalle de température d'environ 10 à 15°. Déjà appréciable un peu en deçà de 330, 340, et 410°, elle est maxima à ces températures mêmes puis disparaît ensuite. Tout se passe donc comme si les produits peroxydés formés étaient très éphémères et précédaient l'apparition des autres produits d'oxydation.

4° Les explosions naissent aussi en deçà de la période secondaire bien avant l'apparition en quantités importantes de l'oxyde de carbone et des aldéhydes.

5° La cyclisation des carbures saturés semble n'accroître que faiblement leur résistance à l'oxydation ; au contraire l'introduction d'une liaison éthylénique les rend nettement plus résistants.

Nous poursuivrons ces recherches sur un certain nombre d'autres carbures, en particulier cyclohexadiène, benzène, hexène.

NAVIGATION MARITIME. — *Suppression du roulis et du tangage.* Note de M. **M. Kéféli**, présentée par M. Ch. Lallemand.

Du fait des vagues, un bateau, en marche, est susceptible de subir trois espèces d'oscillations perturbatrices : le roulis, le tangage et une sorte de balancement vertical appelé le pilonnement.

Conséquences : une perte de vitesse pour le navire, le mal de mer pour les passagers et de sérieuses difficultés, sur les bateaux de guerre, pour le réglage du tir des canons ou du lancement des torpilles.

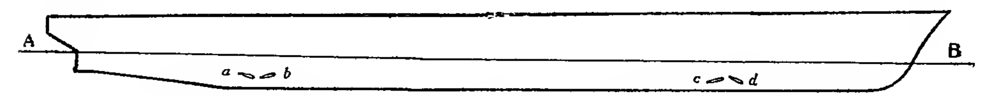
(¹) Chavannes, *Chimie et Industrie*, 25, numéro spécial de mars 1931, p. 121.

Depuis longtemps on cherche vainement à supprimer ces mouvements parasites. Pour le roulis seul, on a obtenu quelques atténuations par l'emploi de moyens divers : quilles de roulis, ailerons stabilisateurs, caisses à eau, ou gyroscopes; mais cette dernière solution, la plus récente et la plus coûteuse, est forcément incomplète, les gyroscopes n'entrant en action que lorsque le navire a déjà pris une certaine inclinaison.

Rien, d'autre part, n'a encore été fait contre le tangage et le pilonnement.

La navigation maritime ne différant, en somme, de la navigation aérienne que par la nature du fluide (eau ou air) dont on veut combattre les réactions, j'ai pensé qu'on pourrait utilement substituer à l'automatisme machinal, d'action forcément tardive, l'intervention d'un cerveau humain, comme on l'a fait pour l'avion, où, avec le « manche à balai », le pilote, à l'instant même où prennent naissance les mouvements perturbateurs, actionne les gouvernails destinés à les combattre.

Pour réaliser cette idée, je propose d'installer, sur les deux flancs et aux



Stabilisateurs Kéféli contre le roulis et le tangage. Échelle : 1/500.
Application sur l'*Étourdi*.
AB, ligne de flottaison; *a*, *b*, *c* et *d*, ailerons stabilisateurs.

extrémités du navire, dans des chambres étanches ménagées très profondément sous la flottaison, quatre paires d'ailerons, mobiles autour d'axes verticaux et additionnés électriquement.

Dans chaque paire, ces ailerons, inclinés d'environ 15° sur l'horizon, sont penchés, l'un vers le haut, l'autre vers le bas.

En marche, la composante verticale de la poussée de l'eau sur un aileron sorti de la coque est, à la fois, proportionnelle au carré de la vitesse du navire et à la surface de la partie saillante de l'aileron. Si celui-ci est penché vers le bas, la portion correspondante de la coque tend à plonger. C'est l'inverse dans le cas contraire.

A l'aide du « manche à balai » et des transmissions électriques, le pilote peut dès lors, à chaque instant, faire saillir de la quantité convenable, hors de la coque, les ailerons dont l'intervention doit paralyser, dès sa naissance, c'est-à-dire avant qu'il n'ait pris une amplitude appréciable, tout mouvement perturbateur, quel qu'il soit.

Selon le cas, on supprime ainsi roulis, tangage ou pilonnement et l'on réduit sensiblement la perte de vitesse causée par ces oscillations, en même

temps que, en cas d'avarie, on apporte au gouvernail de direction un utile complément.

En particulier, la lutte contre le tangage devient possible, grâce au fait que le bras de levier du couple stabilisateur est presque égal à celui du couple perturbateur.

La complication de la manœuvre multiple des ailerons semblera moins inquiétante si l'on songe avec quelle facilité, par exemple, des hommes jeunes, se livrant au patinage acrobatique, maintiennent, au milieu de l'extrême variété de leurs mouvements, un parfait équilibre du corps.

La formation de pilotes spéciaux pour la conduite des navires munis du nouveau dispositif ne paraît donc pas devoir soulever de gênantes difficultés.

Les autorités maritimes les plus compétentes et la *Commission supérieure des Inventions* ont émis l'avis qu'une expérimentation pratique de ce procédé serait des plus utiles, et, très prochainement, l'*Office national des Recherches*, de Bellevue, en collaboration avec le Service Technique des Constructions navales, va procéder à l'installation de cet appareil sur l'aviso *Étourdi*, prêté à cet effet par la Marine nationale.

RELATIVITÉ GÉNÉRALE. — *Sur l'évolution sphérique.*
Note de M. **J. Delsarte**, présentée par M. H. Villat.

Physiquement, le problème s'énonce ainsi : à l'instant initial, la matière est distribuée en couches concentriques homogènes, les vitesses initiales sont radiales et ne dépendent que du rayon, le dS^2 est donné, et il présente la symétrie sphérique; il s'agit de déterminer l'évolution ultérieure de l'univers.

La symétrie initiale se conservera. Dans le cas schématique, par exemple, comme nous l'avons indiqué dans une précédente Note [1], on pourra mettre le dS^2 sous la forme canonique

$$dS^2 = d\mu^2 - \frac{d\nu^2}{k^2 G^2 \varphi^4} - \varphi^2[du^2 + \cos^2 u \, d\nu^2];$$

$$\left(\frac{\partial\varphi}{\partial\mu}\right)^2 = -\frac{F(\nu)}{\varphi} + [F'(\nu)]^2 - 1; \qquad G = \frac{F'(\nu)}{k\varphi^2 \dfrac{\partial\varphi}{\partial\nu}};$$

---

[1] *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 534.

D'autre part le dS^2 initial est donné sous la forme

$$dS^2 = -\gamma_{11}\,d\alpha^2 + 2\gamma_{12}\,d\alpha\,d\beta + \gamma_{22}\,d\beta^2 - \varphi^2[du^2 + \cos^2 u\,dv^2];$$

$d\beta$ est la différentielle du temps local, α est une variable d'espace quelconque, γ_{11}, γ_{12}, γ_{22}, φ, ainsi que les composantes de la vitesse et la densité, sont des fonctions connues de α. Tout revient à déterminer ce qui se passe dans une variété $(\mu\nu)$, puisque toutes ces variétés sont identiques. Les conditions initiales permettent d'abord de trouver l'image de la ligne $\beta = 0$, sur le plan $(\mu\nu)$. Prenant comme variable indépendante l'arc réel σ de cette ligne, défini par

$$d\sigma^2 = \gamma_{11}\,d\alpha^2;$$

et désignant par $\theta = \pi/2 - i\tau$ (τ réel) l'angle imaginaire qu'elle fait en chacun de ses points avec la ligne d'univers qui en est issue, on a

$$\frac{d\mu}{d\sigma} = \operatorname{sh}\tau, \qquad \frac{d\nu}{d\sigma} = kG\varphi^2 \operatorname{ch}\tau;$$

qui déterminent l'image cherchée; ν et φ sont des fonctions monotones croissantes de ρ. Si l'on connaissait $F(\nu) = \alpha(\sigma)$ sur cette image, on aurait immédiatement, par intégration de la condition subsidiaire à ν constant, l'état de l'univers à tout instant; or on obtient sans peine, pour la fonction $\alpha(\sigma)$, l'équation différentielle suivante, où l'on a pris φ comme variable indépendante

$$(1) \qquad \frac{1}{\operatorname{ch}^2\tau}\left(\frac{d\alpha}{d\varphi}\right)^2 - 2k\varphi^2 G\frac{d\alpha}{d\varphi} + k^2\varphi^4 G^2\left[1 + \operatorname{sh}^2\tau\left(1 + \frac{\alpha}{\varphi}\right)\left(\frac{d\sigma}{d\varphi}\right)^2\right] = 0;$$

La discussion en est facile, voici les résultats : La variété $(\mu\nu)$ se partage en bandes parallèles à l'axe des μ, images des tubes d'univers issus des arcs de la ligne $\beta = 0$ portant de la matière. De part et d'autre de ces tubes règnent des champs de Schwarzschild de rayons gravitationnels différents. Au centre de l'univers se développe une cavité à champ minkowskien. Si sur une géodésique AX séparant un tube d'univers d'une région vide dans laquelle le rayon gravitationnel a pour valeur h, la somme

$$\varphi\left[\left(\frac{d\varphi}{d\sigma}\right)^2 - 1\right] + h$$

est suffisamment grande, on pourra prolonger sur toute la largeur de ce tube au moins une intégrale de l'équation (1), prenant la valeur $-h$ sur AX, et peut-être deux. Le problème est donc formellement déterminé,

mais il admet en général des solutions non uniformes. Pour qu'il ait une solution unique, il faut que les conditions initiales remplissent certaines inégalités.

On aboutit à des conclusions du même type dans le cas du fluide incompressible. Mais les conditions entraînant l'unicité et l'uniformité de la solution sont plus nombreuses et plus serrées.

Il semble donc que les problèmes d'évolution relativiste conduisent à des problèmes en général non uniformes, en nombre supérieur à un. Il n'y a uniformité et unicité que si les données initiales remplissent certaines conditions d'inégalité. Rien ne prouve d'ailleurs que ces conditions ne puissent pas devenir contradictoires pour des systèmes suffisamment compliqués.

CHALEUR. — *Sur la meilleure manière d'assurer un isolement thermique.* Note de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. A. Cotton.

Les installations frigorifiques devant, pour la plupart, fonctionner longtemps sans arrêt, peu importe que le régime des températures ait été long à s'établir. Ce qui compte, c'est la petitesse du flux de chaleur que laisse subsister l'isolant en régime permanent.

Mais lorsqu'il s'agit d'essayer, à l'intérieur d'un caisson, la tenue d'un matériel aux basses températures, pendant un temps très limité, il devient essentiel d'établir très rapidement le régime.

De tels caissons d'essai sont généralement réalisés, en recouvrant d'un calorifuge, un réservoir métallique que l'on a intérêt à rendre assez massif pour que la température y soit plus uniforme; la robustesse des parois est d'ailleurs nécessaire lorsqu'on doit combiner l'action d'une dépression à l'action du froid, ainsi qu'il arrive dans les essais aéronautiques.

Si le caisson est petit, on rend assez rapide l'établissement de la température de régime, en isolant faiblement; mais, lorsque le caisson est grand, on serait conduit, par ce gaspillage de frigories, à une machine si puissante, qu'il faut absolument réaliser un isolement soigné. La constante de temps devient alors considérable. D'où l'idée de placer le calorifuge à l'intérieur du caisson, dont les parois massives n'ont pas, ainsi, à être refroidies. Nous allons préciser dans quels cas cet artifice est avantageux.

Le radiateur de froid, maintenu à une température sensiblement constante par une circulation de pétrole, refroidit l'air du caisson, puis les parois solides. Soient h le coefficient d'échange thermique, par unité de

surface, entre le radiateur et la première paroi solide, l l'épaisseur du calorifuge, $c\rho$ sa chaleur spécifique volumique, k sa conductibilité, l' l'épaisseur moyenne des parois du caisson, $c'\rho'$ la chaleur spécifique volumique de la tôle qui les constitue.

La température de l'air est alors donnée par une série infinie de fonctions exponentielles du temps, la seule de ces fonctions qui garde une valeur notable, passé les premiers moments, ayant pour constante de temps $T = l^2 c\rho : ku^2$.

Lorsque le calorifuge est intérieur au caisson, u est la première racine différente de zéro, de l'équation $-u : \tang u = hl : k$, et la constante de temps correspondante est sensiblement $T_1 = l^2 c\rho (1 + k : hl)^2 : \pi^2 k$, Pratiquement, T_1 dépend très peu du coefficient h lié à la transmision du froid par le radiateur. T_1 est proportionnelle au carré de l'épaisseur du calorifuge, alors que l'isolement n'est proportionnel qu'à l'épaisseur. Enfin, on peut réduire fortement T_1 en choisissant un isolant peu compact.

Lorsque le calorifuge est extérieur, u est la première racine de l'équation $-u : \tang u = hl : k - u^2 l'c'\rho' : lc\rho$. Pour la discussion il faut considérer deux cas limites simples :

Si le calorifique est très léger ($lc\rho : l'c'\rho'$ petit), la constante de temps cherchée a sensiblement la valeur $T_2 = l'c'\rho' : (h + k : l)$. T_2 dépend, avant tout, de la capacité calorifique du caisson et de la transmission du froid par le radiateur. Ainsi T_2 augmente beaucoup si l'air se raréfie.

Si le calorifuge est compact ($4 l^2 c\rho : k\pi^2$, beaucoup plus grand que $l'c'\rho' : h$), on trouve pour T_2 la valeur approchée

$$\frac{l^2 c\rho}{\pi^2 k}\left(\frac{1 - \pi^2 k l' c'\rho' : h l^2 c\rho + k : hl}{1 - \pi^2 k l' c'\rho' : h l^2 c\rho}\right)^2,$$

peu supérieure à T_1 et dépendant peu de h. Les deux dispositions du calorifuge sont alors presque équivalentes.

Le coefficient h ayant la valeur 0,0001, la capacité calorifique au centimètre carré de la paroi de tôle étant $l'c'\rho' = 0,8$, pour un isolement réalisé avec une couche de *kapok* de 5^{cm} d'épaisseur ($c\rho = 0,008$, $k = 0,00009$) la constante de temps vaut, d'après le calcul, 313 secondes si le kapok est intérieur au caisson, et 6770, soit 20 fois plus, si le kapok est extérieur.

Un isolement de même valeur, réalisé avec du *liège*, beaucoup plus compact ($c\rho = 0,12$, $k = 0,00072$), donnerait 37600 secondes si le liège est intérieur, et la valeur à peine supérieure 42600 secondes s'il est extérieur.

Nous avons appliqué ces considérations, à la réalisation d'un grand caisson calorifugé, de 2^m de diamètre, et de $3^m,50$ de longueur, destiné aux expériences du Service des Recherches de l'Aéronautique.

Une couche de kapok, dont l'épaisseur a été portée à 15^{cm}, pour réduire la puissance de la machine frigorifique nécessaire, tapisse la paroi intérieure. L'air étant à la pression normale, le calcul indique une constante de temps de 2270 secondes. En fait, l'expérience a montré que l'écart de température entre le radiateur et l'air passait, en une demi-heure, de 50° à 10°, et qu'au bout de deux heures, l'air avait, à un degré près, sa température de régime. Le dépouillement de la courbe de refroidissement, passé les premières minutes, a donné 35 minutes pour la valeur de la constante de temps, en excellent accord avec le calcul. On a vérifié que le refroidissement restait presque aussi rapide, à basse pression, ce qui est encore conforme au calcul, la constante de temps devant atteindre seulement 2530 secondes à la pression correspondant à l'altitude de 10000^m, lorsque le coefficient h est passé de 0,0001 à 0,00005; et même si le givrage du radiateur abaissait encore h à 0,00003, la constante de temps ne serait encore que 2920 secondes.

Le calcul montre que si le calorifuge avait été extérieur, la constante de temps eût été, dans les trois cas envisagés, 7550, 14300, 22200 secondes; c'est-à-dire que, dans le dernier cas, la disposition adoptée a permis d'accélérer près de huit fois le refroidissement, et, encore, la grande épaisseur donnée à l'isolant pour des raisons accessoires, était-elle un élément défavorable.

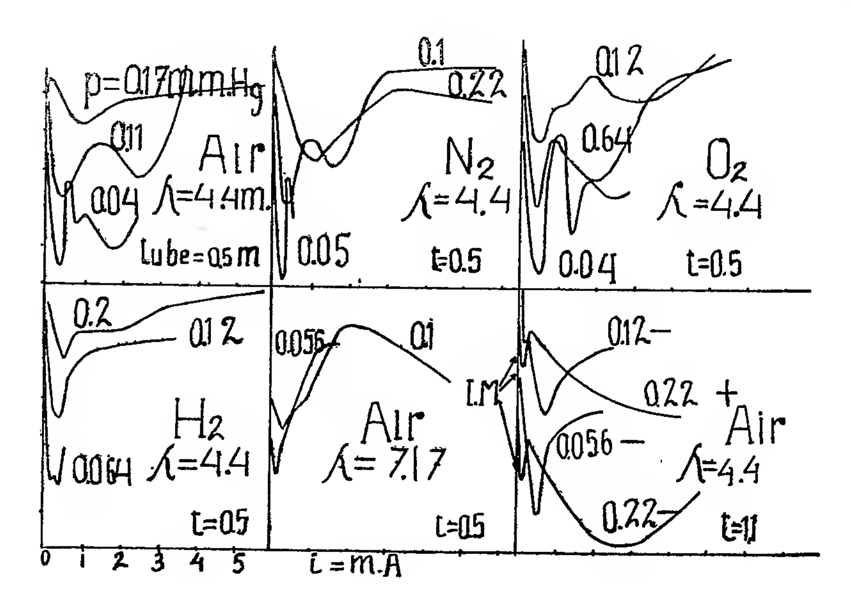
En résumé, pour faire un essai au froid d'une durée limitée, on a avantage à choisir un *calorifuge très peu compact*, et l'on accélère alors le refroidissement, dans des proportions sensationnelles, en mettant le calorifuge à l'*intérieur* du caisson d'essai.

IONISATION DES GAZ. — *Sur l'absorption d'énergie dans les gaz ionisés.* Note de M. **Th. V. Ionescu** et Mme **Irène Mihul**, présentée par M. A. Cotton.

Nous avons ionisé le gaz dans deux tubes de 50 et 110^{cm} de longueur, 5^{cm} de diamètre, ayant des électrodes d'aluminium de 35^{mm} de diamètre. L'intensité du courant était réglée par un kénotron en série avec le tube, une dynamo de $2000 \times 0,6$ voltampères nous donnait le courant. Un résonateur composé d'une seule spire de 21^{cm} de diamètre était mis en réso-

nance avec un oscillateur Mesny, placé à 1^m de distance. Le tube passait par le centre de la spire. Nous avons fait des mesures dans la colonne négative du petit tube et dans les colonnes négative et positive du grand tube.

Par suite des variations du flux magnétique du résonateur, il y a dans le tube des lignes de force électrique fermées sur elles-mêmes. Dans quelques-unes de nos expériences, nous avons supprimé complètement les lignes



de force du condensateur du résonateur en enfermant ce condensateur dans un tube métallique mis à la terre.

Dans d'autres expériences, nous avons mis le résonateur à une distance de 1 à 2^m du tube; nous avons placé l'oscillateur au milieu. En produisant l'ionisation du gaz dans le tube, le courant dans le résonateur a très peu varié, ce qui montre que le tube absorbe l'énergie du résonateur et non celle de l'oscillateur.

Nous avons employé les longueurs d'onde $\lambda = 4^m,40$ et $\lambda = 7^m,17$ et différentes pressions. La plus petite pression pour chaque gaz était celle pour laquelle le courant passait par le tube. Les courbes montrent que l'absorption de l'énergie est une fonction de l'intensité du courant (en milliampères) qui passe dans le tube, de la nature et la pression du gaz, de la longueur d'onde et de la longueur du tube.

Dans la colonne positive l'absorption d'énergie se produit pour une intensité de courant plus grande que dans la colonne négative. Les mesures

faites par la méthode de Langmuir nous ont donné pour l'air, en accord avec les expériences antérieures, une densité d'ionisation plus petite dans la colonne positive (+) que dans la colonne négative (—). La densité d'ionisation n'est pas homogène dans la colonne négative et pourtant l'absorption d'énergie a lieu pour des valeurs de i bien déterminées.

Les courbes $t = 0,5$ et $\lambda = 7^{m},17$ nous montrent que pour l'air et pour de grandes valeurs de i l'énergie du résonateur est plus grande que pour $i = 0$; il en est de même pour les autres gaz étudiés avec la longueur d'onde $7^{m},16$.

Sur les courbes $t = 1^{m},10$, $\lambda = 4^{m},40$ on observe des absorptions marquées I. M. dont la position ne dépend pas de i; mais l'absorption n'apparaît qu'à une pression déterminée et elle augmente avec la pression.

M. C. Mihul et l'un de nous (¹) avaient déjà montré l'existence dans les gaz ionisés de vibrations déterminées par la pression du gaz. Nous donnerons ailleurs une discussion plus complète ainsi que les résultats pour des pressions plus petites (obtenus avec un tube à filament chauffé).

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Sur un régime de fonctionnement de cellules photoélectriques à atmosphère gazeuse.* Note de MM. **L. Dunoyer** et **P. Paounoff**, présentée par M. Ch. Fabry.

L'un de nous a appelé « deuxième régime » de fonctionnement de certaines cellules photoélectriques (²) le régime caractérisé par le fait que, sous des éclairements d'une centaine à quelques centaines de lux, la loi de variation du courant avec la tension change plus ou moins brusquement, le courant augmentant d'une manière beaucoup plus rapide et atteignant des valeurs

(¹) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1008.

(²) L. Dunoyer, *Bull. Soc. fr. Phys.*, 1929, p. 89, S; *Conférences du Conservatoire des Arts et Métiers sur les Actualités scientifiques et industrielles*; Hermann, Paris, 1930; *La Cellule photoélectrique et ses applications; Congrès international d'électricité*, Paris, 1932, Rapport nº 36, 1re Section: *Les Cellules photo-électriques.* — Voir aussi G.-A. Boutry, *Comptes rendus*, 192; 1932, p, 411-413, 620-622, 831-833, et *Journ. de Phys.*, 3, 1932, p. 520-536.

Les cellules dont il s'agit sont constituées par une ampoule hémisphérique fermée par une fenêtre plane. La couche sensible (potassium sensibilisé par la décharge dans l'hydrogène) est déposée sur la paroi hémisphérique. L'anode est un fil rectiligne, à quelques millimètres de la face plane. Ces cellules établies par le premier d'entre nous, sont connues sous le nom de cellules SCAD série S.

qui ne sont réalisables avec d'autres cellules, sous le même flux incident, qu'en régime de décharge luminescente. Mais, alors que cette décharge est irréversible, en ce sens qu'elle ne cesse pas quand l'éclairement cesse, le deuxième régime reste contrôlé par l'éclairement.

L'opinion a été émise parfois que ce « deuxième régime » n'avait pas d'existence propre, et qu'il était l'effet apparent de pulsations faisant osciller le courant entre la décharge disruptive et le « premier régime », régime normal de fonctionnements des cellules. Pour étudier la question, il fallait disposer d'un galvanomètre à très courte période, et pourtant assez sensible pour permettre d'enregistrer photographiquement le courant photo-électrique sans faire usage de l'amplification par lampes qui pourrait introduire des complications supplémentaires. Une subvention de l'Académie nous a permis d'acquérir un excellent galvanomètre Kipp, permettant d'enregistrer le demi-microampère et de suivre, avec assez peu de déformation, un courant de 50 périodes par seconde. Ce sont les résultats des expériences que nous avons faites avec cet appareil que nous résumons ici très brièvement.

1° La tension variant de 0,5 volt par seconde, on n'a observé aucune pulsation dans le courant de deuxième régime.

2° Le deuxième régime ne dépend pas uniquement, pour une cellule donnée, de la tension mise en circuit, du flux incident, et, comme l'a montré Boutry, de la résistance intercalée. Il exige une période de préparation. Si, après un repos prolongé, on fait monter rapidement la tension d'une manière continue, le deuxième régime n'apparaît pas; le courant passe brusquement (sous flux pas trop intense) du premier régime ou régime normal, à la décharge luminescente irréversible. C'est seulement après un certain temps de fonctionnement que le deuxième régime apparaît lorsque la tension croît.

3° Lorsque la cellule a fonctionné d'une manière un peu prolongée en deuxième régime, ce régime disparaît de nouveau. Le courant passe de nouveau directement du premier régime à la décharge luminescente irréversible.

4° Si, après la période de préparation nécessaire et avant que l'état favorable à la production du deuxième régime n'ait disparu, on établit brusquement la tension en fermant le circuit, le courant n'atteint sa valeur définitive qu'après passage successivement par le premier régime, puis par le second (si, bien entendu, la tension est suffisante), chaque régime durant quelques centièmes de seconde.

5° Sous tension constante et flux lumineux constant, le deuxième régime n'est pas parfaitement stable. Si la tension est peu élevée au-dessus de celle pour laquelle il est apparu, le courant diminue progressivement et revient spontanément au premier régime. Si au contraire la tension est peu inférieure à celle pour laquelle la décharge irréversible se produit, le courant augmente lentement, et l'on s'aperçoit, au bout d'un certain temps, que la suppression de l'éclairement n'annule plus le courant; le régime de décharge luminescente est alors établi. Les intervalles de temps qu'exigent ces évolutions vont de quelques secondes à une heure environ.

6° Il résulte de là que la loi de variation du courant en fonction du flux lumineux sous tension constante est mal définie. D'après les expériences de Boutry (*loc. cit.*), le courant de deuxième régime varie beaucoup moins vite que le flux incident. Nous avons constaté que si la variation du flux lumineux est assez rapide, le courant est alors sensiblement proportionnel au flux.

L'ensemble de ces observations montre que le deuxième régime ne peut pas résulter uniquement de phénomènes d'ionisation se produisant dans l'atmosphère gazeuse de la cellule. Il doit correspondre à une augmentation du taux d'émission électronique de la cathode. Une augmentation de l'émission photo-électrique primaire, résultant d'une modification *progressive* de la couche sensible, n'expliquerait pas certains des faits que nous avons observés, notamment ceux auxquels se rapporte le paragraphe 4. Il nous semble nécessaire d'admettre que le bombardement de la couche sensible par les ions positifs est capable, lorsque ces ions atteignent une certaine vitesse, de produire une ionisation directe des atomes de cette couche, et par conséquent une émission électronique secondaire, non photo-électrique, rappelant celle qui se produit dans l'arc électrique. Il va de soi qu'une telle émission peut provoquer en outre une modification progressive de la couche augmentant sa sensibilité photo-électrique proprement dite.

Mais pour que le bombardement de la cathode par les ions positifs puisse avoir l'efficacité supposée, il faut que les charges d'espace, dans l'atmosphère gazeuse, et aussi les charges qui se répartissent, pendant le fonctionnement de la cellule sur les surfaces isolantes qu'elle comporte, aient la densité et la répartition convenables. On conçoit donc, sans que nous puissions rien dire de cette répartition, que la forme de la cellule, ainsi que la disposition des électrodes et des surfaces isolantes aient une importance considérable pour la production du deuxième régime.

PHOTOMÉTRIE. — *Mesure du facteur total de transmission des filtres colorés utilisés en photométrie hétérochrome.* Note de M. **G. Ribaud**, présentée par M. A. Cotton.

Des difficultés notables se présentent lorsqu'on se propose de mesurer, à partir des lampes étalons internationales à filament de carbone, l'intensité des lampes à filaments de tungstène, dont la température de couleur est sensiblement plus élevée.

Pour résoudre ce problème deux solutions ont été proposées :

1° On part d'un corps noir à température T_0 voisine de la température de couleur des lampes étalons à filament de carbone (2080° K.), on mesure sa brillance en bougies internationales; puis on réalise un corps noir à température plus élevée T, et l'on mesure le rapport des brillances monochromatiques des deux corps noirs pour une longueur d'onde particulière λ_0; la connaissance de ce rapport suffit au *calcul* de la brillance du corps noir à température T, en bougies internationales.

2° On peut, pour arriver au même résultat, utiliser un filtre violet qui transforme le rayonnement de la source de température de couleur T_0 en un rayonnement de température de couleur T; la difficulté se trouve alors reportée sur la mesure du facteur total de transmission de ce filtre pour le rayonnement incident (1).

Des mesures effectuées par les divers laboratoires nationaux sur des filtres violets permettant de passer de $T_0 = 2080°$ K. à $T = 2360°$ K. (lampes à filament de tungstène dans le vide) ont montré que la meilleure méthode de mesure du facteur de transmission ci-dessus est la méthode spectro-photométrique; toutefois, cette méthode laisse subsister, d'un laboratoire à l'autre, des écarts qui atteignent 1,7 pour 100 (2).

Un rapprochement entre les deux solutions indiquées plus haut nous a conduit à proposer, pour la mesure du facteur de transmission d'un filtre

---

(1) Sur ce sujet se reporter au Rapport n° 106 de M. Ch. Fabry au *Congrès international de l'éclairage de* 1931 (Cambridge).

(2) On remarquera que la mesure de τ, ainsi effectuée, comporte une mesure monochromatique et une mesure homochrome, l'adoption des facteurs de visibilité de l'œil moyen n'intervient que dans le calcul du rapport des deux intégrales. Signalons en outre qu'il suffit de connaître T_0 à quelques degrés près, le rapport des deux intégrales variant très peu avec T_0.

violet, la méthode suivante. On réalise deux corps noirs dont les températures sont voisines de T_0 et T, ensuite :

A. Pour une longueur d'onde λ_0 on mesure le rapport N_0 des brillances monochromatiques des deux corps noirs ; la mesure s'effectuera au spectrophotomètre ou au pyromètre à disparition de filament auxquels on associera un secteur tournant convenable ; si l'on pose $\lambda_0 \log_{10} N_0 = A$, le rapport N des brillances monochromatiques des deux corps noirs pour une longueur d'onde λ quelconque est donné par $N = 10^{A/\lambda}$, et le rapport des brillances lumineuses totales B et B_0 des deux corps noirs est donné par la formule

$$\frac{B}{B_0} = \frac{\int_0^\infty \lambda^{-5} e^{-\frac{c_2}{\lambda T_0}} 10^{\frac{A}{\lambda}} V_\lambda \, d\lambda}{\int_0^\infty \lambda^{-5} e^{-\frac{c_2}{\lambda T_0}} V_\lambda \, d\lambda}; \tag{a}$$

B. Sur le rayonnement du corps noir T_0 on interpose le filtre à étudier (facteur total de transmission τ) et sur le rayonnement du corps noir à T on place un secteur tournant de facteur de transmission t, de façon à amener les deux rayonnements transmis à avoir même brillance totale (la mesure s'effectuera au photomètre, ou au pyromètre optique sans son verre rouge), on peut alors écrire

$$B \times t = B_0 \times \tau. \tag{b}$$

Le rapprochement entre les deux relations (a) et (b) montre immédiatement que le facteur τ est égal au produit de t par le rapport des intégrales figurant dans l'équation (a).

SPECTROSCOPIE. — *La structure de la raie* K *du bore.* Note de M. **A. Hautot**, présentée par M. Ch. Fabry.

La raie K du bore a été photographiée à différentes reprises; sa longueur d'onde est de 67 Å environ; la raie a été décrite comme une raie large dont la largeur totale est de 3 Å environ; un enregistrement publié par Söderman (¹) donne la valeur 3 Å; Prins (²) donne une valeur un peu plus forte, 5 Å environ.

(¹) Söderman, *Zeitschrift für Physik*, 65, 1930, p. 656.
(²) Prins, *Zeitschrift für Physik*, 69, 1931, p. 623.

J'ai pu photographier cette raie à l'aide d'un spectrographe très dispersif; la raie apparaît comme étant constituée par deux composantes. La composante de courte longueur d'onde, dont la largeur est de 0,6 Å environ, est d'intensité beaucoup plus faible que l'autre composante; celle-ci a une largeur totale de l'ordre de 2 Å; la distance entre les bords internes des deux composantes est de 1,25 Å. Les enregistrements microphotométriques permettent de penser que ces deux composantes sont elles-mêmes complexes, mais une confirmation de ce point exige de nouveaux essais, rendus difficiles par la faible intensité de la raie K du bore. La longueur d'onde correspondant au milieu de la raie la plus intense est 67,9 Å.

Dans deux Notes antérieures, dont la première fut publiée en collaboration avec Max Morand [1], j'avais décrit la structure fine de la raie K du carbone, le nouveau résultat consigné dans la présente Note permet bien de penser que les raies K de tous les éléments légers, depuis Be jusque O, qui avaient été jusqu'à présent observés sous l'aspect de raies larges (1 Å environ pour O, N et C; 3 Å pour B et 12 Å pour Be environ) présentent, au contraire, une structure complexe, mais ce fait ne pouvait être mis en évidence que par l'emploi de spectrographes très dispersifs tels que ceux que j'ai utilisés pour cette étude.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Appareil magnétique pour la détermination des épaisseurs.* Note de M. **Pierre Bricout**, présentée par M. Ch. Fabry.

La mesure continue et automatique de l'épaisseur de feuilles minces ou du diamètre de fils fins est un problème qui intéresse à la fois le laboratoire et l'industrie. Dans le cas très fréquent où la perméabilité magnétique de l'échantillon à mesurer est pratiquement égale à celle de l'air, on peut employer avec avantage le dispositif décrit ci-après dont la sensibilité est très grande.

Soit un transformateur dont le circuit magnétique est composé de trois parties : A, B et C.

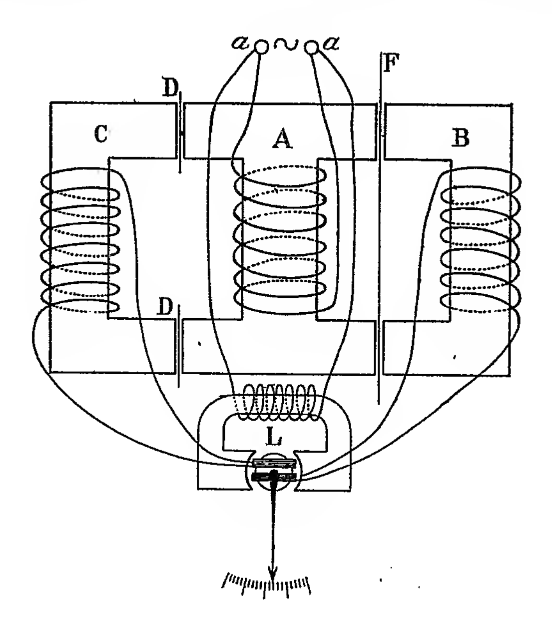
Le primaire de ce transformateur bobiné sur la partie A est relié à un réseau de distribution de courant alternatif *aa*, les parties B et C servent

---

(1) Max Morand et A. Hautot, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1070; A. Hautot, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1383.

de support à deux enroulements secondaires. On sait que, si l'on alimente sous tension alternative constante l'enroulement primaire, le flux total qui traverse le noyau A est sensiblement constant. Ce flux se répartit entre les branches B et C du circuit magnétique en raison inverse des réluctances des dérivations. Les pièces A, B et C étant découpées dans un métal de grande perméabilité magnétique, les réluctances dépendront presque exclusivement de la largeur des entrefers séparant B et C de A.

Les entrefers D entre A et C sont maintenus fixes à l'aide de cales de



matière non magnétique tandis que les entrefers entre A et B sont déterminés par l'interposition de la pièce F à mesurer. Dans ces conditions, le rapport des flux traversant B et C sera fonction de l'épaisseur de la pièce F. Ces flux engendreront dans les enroulements secondaires des forces électromotrices alternatives proportionnelles à leurs valeurs maxima et sensiblement en phase, de sorte que la mesure du rapport de ces forces électromotrices suffit à déterminer l'épaisseur de F.

On exécute automatiquement cette mesure en connectant les enroulements B et C aux cadres mobiles d'un logomètre Carpentier dont le circuit magnétique est alimenté par la tension alternative appliquée au primaire du transformateur. L'échelle de l'instrument est graduée directement en épaisseurs.

Par un dimensionnement convenable des enroulements et des différentes

parties du circuit magnétique, les indications peuvent être rendues pratiquement indépendantes des variations de fréquence et de tension du secteur alternatif qui alimente l'appareil. La stabilité de l'aiguille permet des lectures précises et l'on peut par ce dispositif déceler des variations d'épaisseur de l'ordre du dixième de micron. La sensibilité peut d'ailleurs être réduite à volonté par un shuntage convenable des enroulements. Signalons enfin que l'attraction magnétique entre les pièces A et B exerce sur l'échantillon à mesurer une pression bien définie pour une épaisseur donnée, ce qui est un élément nécessaire pour la précision des mesures comparatives.

Par sa sensibilité cet appareil est apte à mesurer également de très faibles déplacements d'une pièce mobile (dilatation d'un solide, variations d'épaisseur d'une capsule manométrique, etc.). L'appareil de mesure peut être situé à une distance quelconque du circuit magnétique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les modifications de l'anhydride phosphorique.* Note de MM. **K. Boratynski** et **A. Nowakowski**.

En révisant nos mesures des poids spécifiques de l'anhydride phosphorique cristallin et amorphes ([1]) nous avons trouvé les valeurs suivantes pour la température de 20° :

1° Le poids spécifique de la modification cristalline, déterminé dans le benzène, est $2,284 \pm 0,001$ et $2,283 \pm 0,001$ dans la benzine à point d'ébullition 120-150°.

2° Le poids spécifique de la modification amorphe, déterminé dans le benzène est $2,207 \pm 0,002$.

En conséquence, les dimensions de la cellule élémentaire de la forme cristalline que nous avions publiées ([1]) doivent être soumises à une révision.

Ces recherches ne peuvent être effectuées que par la méthode du cristal tournant.

([1]) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 89. Dans cette Note, le diamètre du spectrographe doit être $114^{mm},6$ au lieu de $111^{mm},6$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Précipitation rythmique dans les gels étirés.* Note de MM. **Augustin Boutaric** et **Jean Ratélade**, présentée par M. C. Matignon.

De nombreuses recherches ont été faites sur les précipitations rythmiques, dont la forme la plus connue est celle des anneaux de Liesegang. Mais le seul travail dont nous ayons eu connaissance concernant la formation de ces anneaux dans un milieu soumis à une tension est celui de MM. Burton et Bell (¹). Ces auteurs produisaient des anneaux de Liesegang à la manière habituelle, mais la couche de gélatine imprégnée de bichromate de potassium était formée sur une feuille de caoutchouc qu'on soumettait à une tension avant dépôt de la goutte de nitrate d'argent. Les anneaux qui sont circulaires dans le cas de gélatine non étirée se transforment en ellipses dont le grand axe est parallèle à la direction de traction.

Nous nous sommes proposé d'étudier les précipitations rythmiques dans des feuilles de cellophane, que l'on peut considérer comme un gel dont la coagulation s'effectue sous tension, en sorte que les micelles qui le constituent sont orientées dans le sens de cette tension.

Une bande de cellophane d'environ 10^{cm} de long sur 2^{cm} de large étant placée sur une machine à étirer, de manière que la tension agisse dans le sens de l'étirement primitif, on l'humecte avec une solution contenant $0^g,5$ de bichromate de potassium pour 100^{cm^3} d'eau, et on laisse sécher sous tension. La bande sèche, toujours soumise à l'action de l'étirement, est disposée verticalement de manière que son extrémité inférieure plonge dans une solution contenant 8^g de nitrate d'argent pour 100^{cm^3} d'eau, la direction d'étirement étant normale à la surface de la solution. Au bout de 24 heures, on peut observer, sur la partie qui ne plongeait pas dans le bain de nitrate, des bandes rouges de chromate d'argent parallèles à la surface liquide.

Ces bandes sont de plus en plus espacées à mesure qu'on s'éloigne de cette surface; en outre, elles sont résolubles en un grand nombre de petites taches rouges dont les dimensions linéaires augmentent avec la distance à la surface du bain de nitrate et dont la forme est celle d'une ellipse ayant un grand axe parallèle à la direction d'étirement. Voici à titre d'indication les dimensions du grand axe et du petit axe de ces ellipses relevées, sur une des

(¹) E. F. Burton et J. C. Bell, *Journal of Physical Chemistry*, 25, 1921, p. 526.

bandes de cellophane, à diverses hauteurs h au-dessus de la surface liquide :

h.	Grand axe.	Petit axe.
mm	mm	mm
0,6	0,007	0,004
2,4	0,027	0,011
6,1	0,112	0,022

On obtient des apparences analogues en disposant la bande de cellophane de manière que la direction d'étirement soit parallèle à la surface du bain de nitrate, mais les ellipses ont cette fois leur grand axe parallèle à la surface de la solution de nitrate. Dans toutes ces expériences on peut remplacer le bichromate par le chromate de potassium.

Ainsi la cellophane étirée fournit, comme les autres gelées, des précipitations rythmiques; mais les bandes obtenues sont résolubles en taches élémentaires de forme ellipsoïdale orientées dans le sens de l'étirement. Avec des films d'acétate de cellulose préparés par évaporation d'une solution acétonique et soumis à l'étirement, on obtient des résultats analogues. Des expériences sont en cours concernant la forme des anneaux, analogues aux anneaux de Liesegang, que fournit le dépôt d'une goutte de nitrate d'argent sur une feuille de cellophane imprégnée de bichromate de potassium et soumise à une tension.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude des propriétés physiques et mécaniques des alliages magnésium-aluminium-cuivre, riches en magnésium.* Note (¹) de MM. **A. Portevin** et **P. Bastien**, présentée par M. L. Guillet.

L'analyse thermique et l'étude micrographique de ces alliages (²) ont mis en évidence trois domaines distincts partant du sommet magnésium et respectivement à un, deux et trois constituants (*fig.* 1).

L'étude de la dureté des alliages coulés en sable et de la résistance électrique des alliages filés a permis de préciser l'étendue du domaine de solution solide : la limite $\alpha\beta$ (*fig.* 2 et 4) est, en particulier, très nettement indiquée; elle ne coïncide pas exactement avec la ligne $a'_1 a'_2$ donnée par l'analyse thermique, ce qui met en évidence l'existence possible d'alliages

(¹) Séance du 27 février 1933.

(²) A. Portevin et P. Bastien, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 441.

susceptibles de traitements thermiques. Les figures 3 et 5 donnent, en perspective, les surfaces représentatives de la dureté et de la résistance électrique.

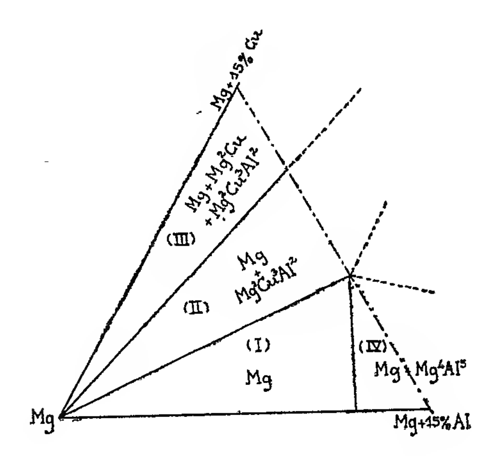


Fig. 1. — Nombre de phases en présence.

L'analyse dilatométrique a montré que tous les alliages ultra-légers Mg-Al-Cu ($Al + Cu \leqq 15$ pour 100) ont des coefficients de dilatation très

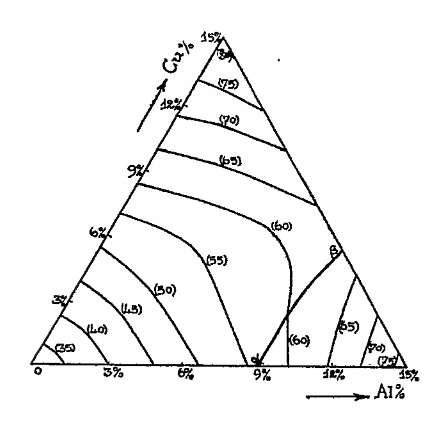


Fig. 2. — Lignes isosclères des alliages coulés en sable.

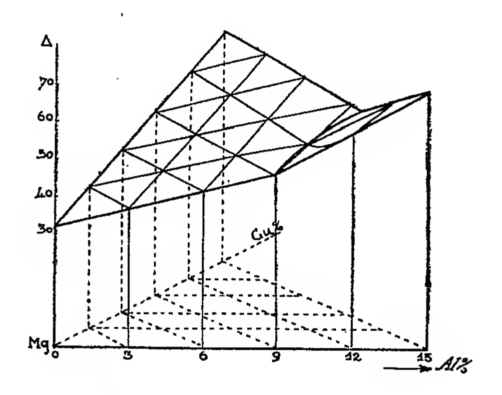


Fig. 3. — Surface des duretés.

voisins compris entre 25,8 et $27,8.10^{-6}$: dans le domaine (I) de solution solide (*fig.* 1), l'addition d'aluminium augmente le coefficient de dilatation α, tandis que celle de cuivre le diminue légèrement. Dans les domaines II et III, l'addition de cuivre diminue α ; dans le domaine IV, l'addition d'aluminium joue le même rôle.

Dans des conditions identiques de travail, on a pu forger les alliages magnésium-cuivre jusqu'à 15 pour 100 de cuivre et les alliages magnésium-aluminium jusqu'à 7 pour 100 d'aluminium, teneur correspondant à la solution solide saturée.

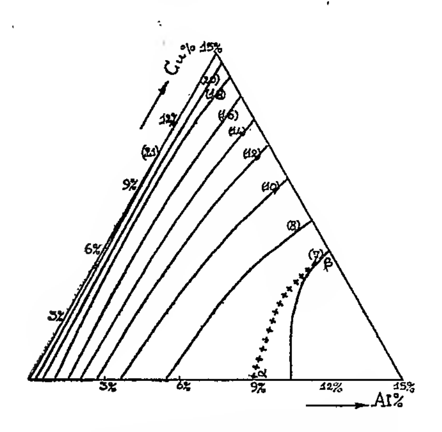


Fig. 4. — Lignes d'égale conductibilité électrique des alliages filés.

Fig. 5. — Surface des conductibilités électriques.

L'étude complète des propriétés mécaniques (essais de traction, de flexion statique et rotative, de résilience) a été faite sur alliages bruts de coulée en sable et en coquille, filés et forgés, de mêmes compositions chimiques. Elle a mis en évidence des alliages possédant à l'état filé des caractéristiques de l'ordre de

$$R = 28 \text{ à } 30 \text{ kg/mm}^2,$$
$$A\,\% = 17 \text{ à } 20,$$
$$\rho = 0{,}90 \text{ à } 1{,}20 \text{ kgm/cm}^2.$$

Les propriétés sont en relation avec le diagramme d'équilibre des alliages : si l'on considère les sections Cu = const. des alliages ternaires, les résistances à la traction R_t et à la flexion R_f croissent avec la teneur en aluminium dans les domaines I, II et III et décroissent dans le domaine IV. Il existe un parallélisme étroit entre les courbes de la résilience en fonction de la composition et celles de la flèche de rupture dans l'essai de flexion statique.

Pour les alliages ultra-légers bruts de coulée, qui, pour la plupart, ont de faibles allongements de rupture, l'essai de flexion statique est beaucoup plus précis que l'essai de traction ; comme, d'autre part, la résilience et la flèche de rupture varient parallèlement, l'essai de flexion statique est l'essai

de choix à préconiser pour les alliages à base de magnésium, bruts de coulée.

Dans des conditions identiques d'essai à la flexion rotative, divers alliages notamment ceux contenant

$$\mathrm{Mg} = 88\,\%, \quad \mathrm{Al} = 9\,\%, \quad \mathrm{Cu} = 3\,\%, \qquad \text{ou} \qquad \mathrm{Mg} = 85\,\%, \quad \mathrm{Al} = 9\,\%, \quad \mathrm{Cu} = 6\,\%$$

ont donné à l'état filé des résultats de l'ordre de ceux obtenus sur alliages du type « duralumin » (« limites de fatigue » de 12 à 13 kg/mm²).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence du degré d'écrouissage à l'étirage sur la limite de fatigue de l'acier doux.* Note de M. **R. Cazaud**, présentée par M. Léon Guillet.

J'ai exposé [1] quelques résultats relatifs à l'influence du recuit, de la surchauffe et de l'écrouissage au point de vue de la résistance à la fatigue de l'acier extra-doux.

Reprenant ces premières déterminations avec la même méthode expérimentale que précédemment (flexion rotative), j'ai cherché à préciser l'influence du degré d'écrouissage.

Ces essais ont été effectués pour le Service des Recherches de l'Aéronautique dans les Laboratoires de ce Service.

L'acier étudié était de l'acier Martin de composition suivante

C.	Mn.	Si.	S.	P.
0,18	0,59	0,14	0,025	0,020

Les éprouvettes de flexion rotative du modèle adopté par le Service des Recherches de l'Aéronautique ont été prélevées dans quatre barres cylindriques de 20^{mm} de diamètre, différemment écrouies par étirage à froid.

Les conditions d'étirage de ces barres, les caractéristiques mécaniques et les résultats des essais de fatigue ont été les suivants :

Barre n° 1. — Barre initiale laminée de 22^{mm} de diamètre étirée à $20^{\mathrm{mm}},9$, recuite à 900°, refroidissement à l'air calme, étirée finalement à 20^{mm}.

Caractéristiques mécaniques : $E = 40$; $R = 49,5$; $A\,\% = 27,1$; $\rho = 19,4$; $\Delta = 130$.

---

[1] *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1558.

Essais de fatigue :

Effort kg/mm².	Nb. alternances.	Observations.
30,6	55800	rupture
30,5	54600	»
27	217400	»
25,9	858900	»
24,7	1638000	»
24,5	104620000	pas de rupture
23,8	118034000	»

La limite de fatigue f est égale à 24,6 kg/mm², $f/R = 0,496$, $f/E = 0,615$.

Barre n° 2. — Barre initiale laminée de 23mm étirée à 21mm,75, recuite comme ci-dessus et étirée finalement à 20mm.

Caractéristiques mécaniques : $E = 46,5$; $R = 52$; $A\ \%= 20$; $\rho = 20,1$; $\Delta = 153$.

Essais de fatigue :

Effort kg/mm².	Nb. alternances.	Observations.
33,9	36000	rupture
32	65900	»
30,5	106200	»
30	138700	»
27	445400	»
26	3441200	»
25,9	4773100	»
25,4	5894700	»
25	103709700	pas de rupture

La limite de fatigue est de 25,2 kg/mm² environ, $f/R = 0,485$, $f/E = 0,54$.

Barre n° 3. — Barre initiale laminée de 25mm, étirée à 22mm,55, recuite comme ci-dessus, étirée finalement à 20mm.

Caractéristiques mécaniques : $E = 55$; $R = 57,7$; $A\ \%= 13,6$; $\rho = 16$; $\Delta = 160$.

Essais de fatigue :

Effort kg/mm².	Nb. alternances.	Observations.
36,4	45400	rupture
34,6	67900	»
34,5	83500	»
30	2562700	»
28,4	56290700	»
28,1	105065000	pas de rupture
27	103021000	»

La limite de fatigue est de 28,3 kg/mm². $F/R = 0,49$; $f/E = 0,515$.

Barre n° 4. — Barre initiale laminée de 25mm, étirée à 23mm,45, recuite et étirée finalement à 20mm.

Caractéristiques mécaniques : $E = 56$; $R = 61$; $A\ \%= 10$; $\rho = 14,3$; $\Delta = 168$.

Essais de fatigue :

Effort km/mm².	Nb. alternances.	Observations.
35,5	105 100	rupture
34,2	282 500	»
33,5	214 500	»
32,5	650 100	»
32,1	782 300	»
31	4 812 800	»
29,4	47 698 100	»
29,1	104 174 000	pas de rupture
28,1	105 410 000	»

La limite de fatigue est de 29,3 kg/mm² environ; $f/R = 0,48$; $f/E = 0,525$.

De l'ensemble de ces résultats, on déduit que la limite de fatigue a augmente d'une façon sensiblement proportionnelle à la charge de rupture R et à la limite apparente d'élasticité E.

L'intérêt de l'écrouissage, au point de vue de la résistance à la fatigue, apparaît donc très net, du moins dans les limites d'écrouissage qui ont été étudiées ici.

On observe également que les courbes de fatigue (représentant les efforts et les nombres d'alternances produisant la rupture) offrent une courbure d'autant plus grande que l'écrouissage est plus important.

Pour l'état recuit, la courbe de fatigue est au contraire formée de deux deux segments de droites très accusés.

Les caractéristiques mécaniques étaient pour cet état :

$$E = 29,5, \qquad R = 46, \qquad A\,\% = 33, \qquad \rho = 18, \qquad \Delta = 121.$$

La limite de fatigue était de 23 kg/mm², correspondant à $f/R = 0,505$ et $\rho/E = 0,78$.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Relation entre l'absorption des rayons β par les composés organiques et la structure moléculaire de ces derniers : dérivés halogénés*. Note de MM. **Georges Fournier** et **Marcel Guillot**, présentée par M. Georges Urbain.

Désignons encore (¹) par Δ l'écart entre le coefficient massique d'absorption observé et le coefficient calculé.

(¹) G. Fournier et M. Guillot, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 412.

L'étude d'un certain nombre de dérivés chlorés et bromés nous fournit les résultats suivants :

Dérivés chlorés.	$\Delta = \left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{obs.} - \left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{calc.}$	Dérivés bromés.	$\Delta = \left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{obs.} - \left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{calc.}$
CCl^4	2,85		
$CHCl^3$	2,7	$CHBr^3$	4,15
CH^2Cl^2	2,5		
CH^3CH^2Cl	2,1	CH^3CH^2Br	3,3
$CH^3CH^2CH^2Cl$	2,5	$CH^3CH^2CH^2Br$	3,6
$CH^3CH^2CH^2CH^2Cl$	2,6	$CH^3CH^2CH^2CH^2Br$	3,7
C^6H^5Cl	2,1	C^6H^5Br	3,2
$C^6H^5CH^2Cl$	2,3		
$CHCl = CHCl$	2,1		
$CHCl^2 - CHCl^2$	3,1		
		$CH^2Br - CH^2Br$	3,9
C^6H^5COCl	2,3		
$CH^2ClCOOC^2H^5$	2,8		

Rapprochons ces résultats de ceux qui concernent quelques composés correspondants non halogénés :

Composés.	$\Delta = \left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{obs.} - \left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{calc.}$
C^6H^6	1,35
$C^6H^5CH^3$	1,4
$CH^3COOC^2H^5$	2,2
$CH^3CH^2CH^2CH^3$	1,8 (par extrapolation)

L'examen de ces résultats montre que :

1° La substitution d'un halogène à un hydrogène dans un carbure (ou un éther-sel) provoque une augmentation de l'écart Δ, plus grande pour Br que pour Cl, et qui varie peu d'une molécule à l'autre. On a en effet :

$\Delta(C^6H^5Cl) - \Delta(C^6H^6)$	0,75
$\Delta(C^6H^5CH^2Cl) - \Delta(C^6H^5CH^3)$	0,9
$\Delta(CH^3CH^2CH^2CH^2Cl) - \Delta(CH^3CH^2CH^2CH^3)$	0,8
$\Delta(CH^2ClCOOC^2H^5) - \Delta(CH^3COOC^2H^5)$	0,6
$\Delta(C^6H^5Br) - \Delta(C^6H^6)$	1,85
$\Delta(CH^3CH^2CH^2CH^2Br) - \Delta(CH^3CH^2CH^2CH^3)$	1,9

2° La substitution d'un brome à un chlore provoque une augmentation sensiblement constante de l'écart Δ :

$\Delta(CH^3CH^2Br) - \Delta(CH^3CH^2Cl)$	1,2
$\Delta(CH^3CH^2CH^2Br) - \Delta(CH^3CH^2CH^2Cl)$	1,1
$\Delta(CH^3CH^2CH^2CH^2Br) - \Delta(CH^3CH^2CH^2CH^2Cl)$	1,1
$\Delta(C^6H^5Br) - \Delta(C^6H^5Cl)$	1,1

Dans le cas d'une triple substitution, l'écart Δ, sans être triplé, est nettement plus important :

$$\Delta(CHBr^3) - \Delta(CHCl^3) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 1,45$$

3° L'écart Δ augmente régulièrement quand, dans une même molécule, on remplace successivement plusieurs atomes d'hydrogène par des atomes d'halogène : CH^2Cl^2 : 2,5; $CHCl^3$: 2,7; CCl^4 : 2,85.

4° L'effet dû à l'allongement de la chaîne, signalé par nous dans le cas des carbures (1), se retrouve dans leurs dérivés halogénés :

Radical.	Δ dérivé chloré.	Δ dérivé bromé.
Éthyle	2,1	3,3
Propyle	2,5	3,6
Butyle	2,6	3,7

5° L'effet dû à la double liaison, décelé par nous dans les carbures, se retrouve également dans leurs dérivés halogénés, puisque

$$\Delta(CHCl = CHCl) = \Delta(CH^3CH^2Cl) = 2,1.$$

On voit que l'*augmentation* de l'écart Δ due à l'introduction d'un second atome de chlore dans la molécule est compensée par la *diminution* produite par l'introduction de la double liaison.

6° Nous avons montré antérieurement (1) que l'écart Δ est nul dans les bromures cristallisés à réseau ionique (KBr, AgBr), tandis que le brome pur, liquide, présente un écart Δ égal à 3,0. L'atome de brome des bromures organiques (présentant un écart Δ supérieur à 3,0) se rapproche donc plus du brome *corps simple* que du brome *ionisé* de KBr. Ce résultat est en accord avec le fait expérimental que les bromures organiques sont plus difficilement ionisables que la molécule de brome pur liquide, elle-même beaucoup moins ionisable que le bromure de potassium (totalement ionisé dans toutes les conditions).

(1) G. Fournier et M. Guillot, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 171.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *La manufacture de soude de Nicolas Leblanc.* Note de M. **Paul Baud**, présentée par M. Camille Matignon.

Les cérémonies qui se sont déroulées à Mende, en août dernier, à la mémoire de Jean-Antoine Chaptal, ont ramené l'attention de l'Académie sur les fondateurs de la Grande industrie chimique en France. Nous avons pensé qu'il pourrait être ainsi de quelque intérêt de reconstituer, sur des pièces d'archives, la « manufacture » de Nicolas Leblanc ([1]), considérée jusqu'ici comme la première soudière.

Cette usine s'élevait, au lieudit Maison de Seine ([2]), entre le fleuve et l'enceinte fortifiée de la ville de Saint-Denis (Franciade en 1791), avec « face d'entrée sur le chemin pavé du port », soit sensiblement à la hauteur et à l'ouest de la gare actuelle. Sur un espace de 2 arpents et demi ([3]), clos de gros murs, s'étendaient plusieurs bâtiments (hangars, maison d'habitation) montés en partie au cours de 1790, après dépôt chez le notaire Brichard ([4]) d'un « paquet » contenant la description de deux procédés ([5]), mais avant l'acte définitif passé entre Philippe d'Orléans, H. Shée, N. Leblanc et J. J. Dizé ([6]).

La soudière proprement dite comptait trois unités ([7]) et les frais d'installation s'étaient élevés à 100 000 livres ([8]).

Dans un premier atelier (10×10^m), un moulin en « pierre de taille » avec cylindre

([1]) Toutes les pièces signées de la main de Nicolas Leblanc, que nous avons eues sous les yeux, notamment la formule du serment prêté le 7 octobre 1792, portent Leblanc et non Le Blanc (Arc. Nat. F^{12} 2243).

([2]) La carte de Cassini n'indique que des moulins et le plan manuscrit de Troquet et Richelot (1810), comme d'ailleurs le plan levé par Rougeot (1812), ne porte aucune mention de l'usine (cf. Bibl. municip. de Saint-Denis, S. D. C. 31 *bis*).

([3]) Mesures de Paris, soit environ 85 ares.

([4]) Le 27 mars 1790.

([5]) Nicolas Leblanc, *Conversion du sel marin en soude*; J.-J. Dizé, *Fabrication du blanc de plomb.*

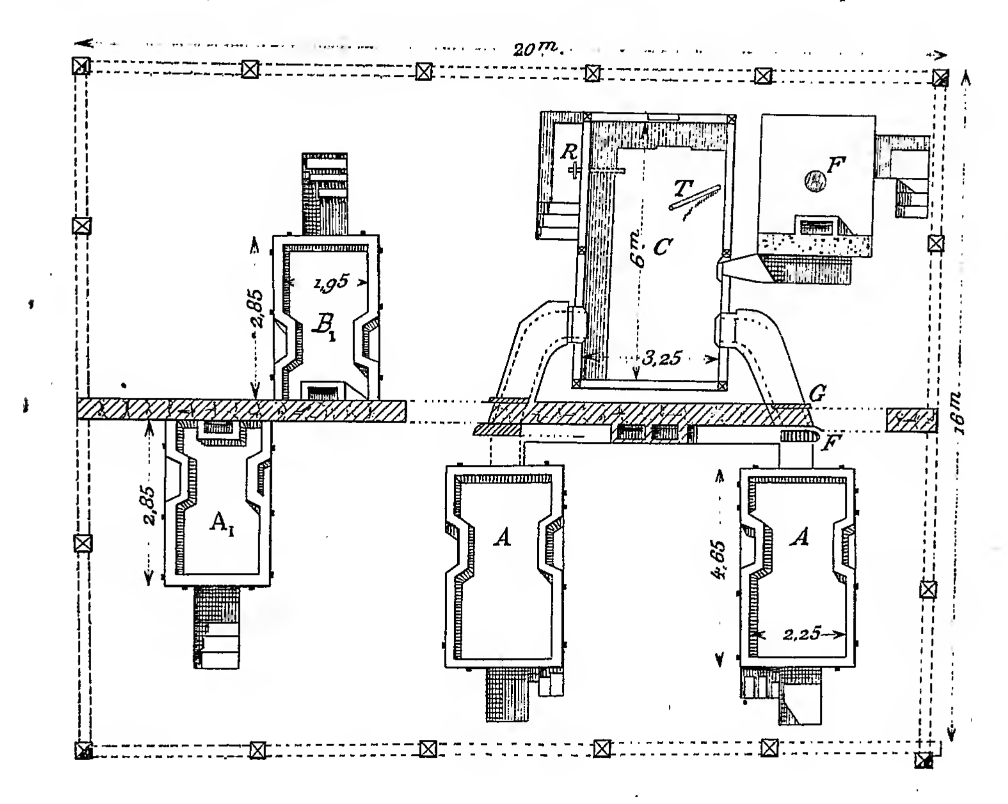
([6]) Le 27 janvier 1791. Cf. Aug. Anastasi. Nicolas Leblanc, *Sa vie, ses travaux*, Paris, Hachette, 1884, p. 184.

([7]) Cf. *Description de divers procédés pour extraire la soude du sel marin*, faite en exécution d'un arrêté du Comité de Salut public du 8 pluviôse an II. Paris, Imp. du Comité de Salut public. In-4° (80 pages + 11 figures).

([8]) Lettre de Nic. Leblanc et de J. Dizé au Comité de Salut public, 26 messidor an II (Arc. Nat. F^{12} 2243).

de fonte, entraîné par un manège, servait au broyage du « muriate de soude vitriolisé » et de la craie de Meudon, par suite à la préparation du mélange à introduire dans le four où le sulfate « se métamorphosait en soude ». La fabrication du sulfate neutre se réalisait :

a. Pour un premier stade (SO^4NaH), dans deux fourneaux en briques de Bour-



gogne avec « armures de fer », A, à « salle horizontale, recouverte d'une lame de plomb, relevée de quatre pouces sur ses bords », fours munis chacun de trois ouvreaux, deux pour le « muriate », un pour l'acide sulfurique;

b. Pour un second stade ($SO^4NaH \rightarrow SO^4Na^2$) dans un four A_1.

Le four à soude était monté dans le troisième atelier, B, et chaque opération portait sur 400 livres du mélange : sulfate, charbon et craie. Le « sel ammoniac » constituait un sous-produit de valeur. En effet, par le jeu de deux registres, F et G, les vapeurs d'acide « marin » s'envoyaient dans une chambre de plomb, de 60^{m^3} environ, pour s'y trouver au contact « d'alcali volatil » donné par la combustion de matières animales dans trois cylindres horizontaux (longueur, $3^m,40$; diamètre, $0^m,40$). Les vapeurs alcalines se rassemblaient à la tête du « fourneau » C dans une canalisation de plomb et un « éolypile », enchâssé dans la voûte, F, produisait de la vapeur d'eau amenée dans la chambre C par une tubulure T.

Du rapport des Commissaires nommés le 8 pluviôse an II (1) et de la lettre déjà citée de N. Leblanc et J. Dizé, il apparaît que l'usine pouvait donner, par journée de travail, 1500 livres de soude « brute ». Quand elle fut mise sous séquestre (2), elle ne disposait pas d'une « saline » ou atelier de lessivage : l'activité des associés se limitait encore à la fabrication d'un produit comparable à la bonne « soude d'Alicante » — de 45 à 50 livres de « soude calcinée » par quintal vendu à Paris, 30 livres en 1790 — et, sans doute, auraient-ils livré à la consommation la soude « cristallisée » et la « soude à siccité », après avoir construit une vitriolerie, « l'emplacement de la chambre et du fourneau en étant déjà marqué » (3).

Des analyses d'Alexandre Giroud, il résulte qu'un quintal de produit brut donnait en moyenne 40 livres de « soude sèche ». C'est un rendement qu'acceptaient encore, vers 1880, certaines usines anglaises ou allemandes, et l'on doit reconnaître, avec Payen, que Leblanc, avait établi « avec précision, par la voie expérimentale, les doses que la théorie est venue justifier depuis... » (4).

Mais dans quelle mesures Chaptal, Guyton de Morveau, Carny, etc. n'avaient-ils pas effectué des essais semi-industriels avant 1791? C'est là une question que nous proposons actuellement d'éclaircir.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Séparation des acides phosphorique, arsénique, vanadique d'avec l'alumine.* Note de MM. **A. Travers** et **Lu**, présentée par M. Matignon.

Ce problème se pose dans l'analyse des vanadinites, comme dans celle des apatites, en raison de l'isomorphisme des chlorophosphates, chloroarséniates, chlorovanadates; la présence de la gangue, qui renferme toujours de l'alumine, entraîne une difficulté de plus.

La séparation des acides phosphorique et vanadique, proposée par Treadwell (5) n'est pas correcte. L'auteur réduit d'abord le vanadium à l'état tétravalent et précipite ensuite le phosphore en milieu *nitrique*, sous

(1) Darcet, Pelletier et Lelièvre qui s'adjoindront A. Giroud pour les analyses.

(2) Le 8 pluviôse an II. Philippe Égalité avait été exécuté le 6 novembre 1793.

(3) Cf. *Lettres des Administrateurs de la Seine*, 8 pluviôse an VII (Arch. Nat., F12 2243).

(4) A. Payen, *Précis de Chimie industrielle*, 1, p. 298 (Paris, Hachette, 1859).

(5) Treadwell, *Chimie analytique*, 2, 1925, p. 228.

forme de phosphomolybdate d'ammoniaque; or, les sels de vanadyle (V^{IV}) sont lentement oxydés, même à froid par l'acide nitrique concentré, et le dosage du phosphomolybdate est rendu de ce chef incorrect.

On peut séparer le vanadium très facilement du phosphore en le volatilisant sous forme de $VOCl^3$ par l'acide chlorhydrique à 400°. Le phosphore ne donne l'oxychlorure qu'avec du chlore *naissant*.

Dans ces conditions, le dosage de l'acide phosphorique est rendu correct. En effet, l'acide arsénique est également volatilisé vers 450° par l'acide chlorhydrique gazeux, et il ne reste dans la nacelle que l'acide phosphorique et l'alumine (le fer est volatilisé si l'on chauffe à 800°).

La séparation de l'acide phosphorique et de l'alumine peut être exécutée par la méthode donnée par l'un de nous ([1]).

Le dosage de l'acide vanadique en présence des autres acides ne présente aucune difficulté : après fusion du minerai au bisulfate et reprise par l'eau, on oxyde le vanadium tétravalent en acide vanadique par du brome dont on chasse l'excès. On réduit ensuite V^2O^5, soit par $TiCl^3$ ([2]), soit par SO^4Fe en présence de diphénylamine ([3]).

Le dosage *direct* de l'arsenic ne présente pas non plus de difficultés (réduction de As^2O^5 et volatilisation de As^2O^3 par ClH en solution concentrée).

CHIMIE MINÉRALE. — *Préparation du néodyme métallique exempt de fer et de silicium.* Note ([4]) de M. **Félix Trombe**, présentée par M. Georges Urbain.

Après de nombreux essais d'électrolyse de chlorures fondus dans différentes conditions, nous avons pu réaliser un dispositif favorable à la production d'un dépôt de métal compact et réunir les éléments nécessaires à l'obtention d'un métal pur.

Successivement le cérium ([5]), le lanthane ([6]) et actuellement le néodyme ont pu être préparés par la même méthode.

([1]) A. Travers, *Ann. Chim.*, 33, 1923, p. 539.
([2]) Travers, *Comptes rendus*, 166, 1918, p. 289.
([3]) Furman et Someya, *Ind. and Eng. Chemy*, 17, 1925, p. 314.
([4]) Séance du 27 février 1933.
([5]) Maurice Billy et Félix Trombe, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 421.
([6]) Félix Trombe, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1653.

Le néodyme métallique a été préparé par électrolyse de son chlorure fondu par Muthmann, Hofer et Weiss [1]. Les auteurs ajoutent au bain de chlorure de néodyme fondu une petite quantité de chlorure de baryum qui diminue la conductibilité du bain; ils utilisent de 35 à 50 ampères sous 20 à 25 volts. Muthmann et Weiss [2], emploient une cathode de fer; le métal obtenu en contient; le courant utilisé est de 95 à 100 ampères sous 15 à 22 volts.

En 1925, H. C. Kremers [3] électrolyse le chlorure de néodyme avec une petite quantité de chlorure de sodium et poursuit l'opération assez longtemps pour réduire le sous-chlorure de néodyme qui se forme au début; presque tout le métal préparé par lui contient de 3 à 4 pour 100 de fer.

Il donne des constantes

Dureté Brinell 250^{kg}, bille de 5^{mm}..........	70
Densité à 15° (métal à 3 pour 100 de fer)...	7,05

L.-L. Quill [4] a récemment étudié au moyen des rayons X du néodyme préparé par Kremers par électrolyse du chlorure de néodyme pur. Il a indiqué que ce métal est ductile et possède une densité calculée de 6,991.

Pour entreprendre nos essais M. Takvorian a pu mettre à notre disposition du nitrate double de magnésium et de néodyme pur.

La préparation du chlorure anhydre exempt d'oxychlorure a présenté plus de difficultés que celle des chlorures des métaux précédemment cités; le temps de contact à 800° du chlorure impur et du courant de gaz chlorhydrique sec a dû être porté de 6 heures à 24 heures pour obtenir un sel absolument exempt d'oxygène.

Pour l'obtention du métal, la quantité de sel utilisé par opération a varié de 25^g à $4^g,5$; le bain étant comme dans les essais antérieurs composé de 60 pour 100 de chlorure anhydre de terre rare, 35 pour 100 de chlorure de potassium fondu et 5 pour 100 de fluorure de calcium précipité.

Le dispositif opératoire est composé essentiellement d'un creuset de carbone anode contenant dans sa partie inférieure un petit creuset (*b*) de quartz ou de porcelaine de fluorine [5]; la cathode tournante en molybdène protégée dans sa partie supérieure par un tube de même manière que le creuset (*b*) plonge en partie dans celui-ci.

La densité de courant à la cathode a été maintenue entre 9 et 10 amp. par cm^2.

---

(1) MUTHMANN, HOFER et WEISS, *Liebigs Ann.*, 320, 1902, p. 231.
(2) MUTHMANN et WEISS, *Liebigs Ann.*, 331, 1904, p. 146; 355, 1907, p. 116.
(3) H. C. KREMERS, *Trans. Am. Electrochem. Soc.*, 47, 1925, p. 365.
(4) L. L. QUILL, *Z. anorg. Chem.*, 208, 1932, p. 273.
(5) DAMIENS, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1235.

La température d'électrolyse donnant les meilleurs résultats est comprise entre 1040 et 1060°C.

La variation de la tension d'électrolyse paraît avoir une grande influence sur le rendement en métal compact, sa densité et son action sur l'eau à froid.

Tension d'électrolyse.	Rt en métal. Pour 100.	Densité.	Densité après refusion.	Action sur H^2O à froid.	Action sur H^2O à froid après refusion.
8 volts....	7	6,94	6,94	pas d'attaque	pas d'attaque
10 »	12	6,80	6,935	dég. gazeux	»
16 »	40	6,74	6,89	» gazeux rapide	»

D'après les indications du tableau précédent il apparaît nettement que l'élévation de la tension d'électrolyse, provoquant une distillation plus importante du sous-chlorure de néodyme formé et par conséquent une grande amélioration du rendement, introduit aussi une petite quantité de potassium dans le métal; si l'on élimine le potassium par chauffage dans un vide élevé à 1200°, on retrouve la densité du métal préparé sous basse tension. Le métal préparé en creuset de quartz contient 0,6 pour 100 environ de silicium; le métal préparé en porcelaine de fluorine, dont le spectre d'arc a été examiné par MM. Pied et Châtelet, contient moins de 1/2000e de silicium et des traces spectrographiquement très faibles de calcium.

La teneur en fer est de l'ordre de 0,02 pour 100.

Nous indiquons pour le métal que nous considérons comme pur :

La densité dans le tétrachlorure de carbone à 15° par rapport à l'eau à 4° est de 6,94.

La dureté Brinell, 200kg, bille de 5mm, est de 60.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Oxydation des carbures acétyléniques vrais par l'oxyde sélénieux : Préparation d'alcools α acétyléniques.* Note [1] de M. **R. Truchet**, présentée par M. Matignon.

On sait depuis longtemps que l'oxyde sélénieux, SeO^2, réagit sur un grand nombre de substances organiques avec précipitation de sélénium. Mais ce n'est que tout récemment que Riley, Morley et Friend [2] ont isolé des produits d'oxydation définis en étudiant l'action de ce composé sur les

---

(1) Séance du 20 février 1933.

(2) *J. Chem. Soc.*, 1932, p. 1875.

aldéhydes et les cétones. Ces auteurs ont montré que l'attaque portait sur le CH^2 voisin de la double liaison $C = O$, avec substitution des deux atomes d'hydrogène par un atome d'oxygène : on obtient ainsi des α dicétones ou des aldéhydes α cétoniques.

Tout dernièrement MM. Schwenk et Borgwardt [1], d'une part, MM. Dupont, Dulou et Allard, d'autre part, ont montré qu'une réaction du même genre avait lieu avec les carbures éthyléniques : il y a encore remplacement des deux hydrogène du groupe CH^2 voisin de la double liaison par un atome d'oxygène, avec formation de cétone α éthylénique. La réaction donne de bons rendements (30 pour 100) en série terpénique et permet, en particulier, de passer facilement du pinène à la verbénone.

Enfin MM. Riley et Friend [2] ont montré que ces réactions de substitution n'étaient pas les seules qui pouvaient donner SeO^2, et qu'avec l'acétylène, il y avait addition de 2 atomes d'oxygène sur la triple liaison, d'où formation de glyoxal CHO-CHO (rendement 6 pour 100).

Je me suis proposé d'étudier l'action de cet agent d'oxydation sur les carbures acétyléniques vrais et de rechercher s'il y avait soit addition, comme dans le cas de l'acétyléne, soit attaque du CH^2 voisin de la triple liaison, avec substitution de H^2 par O, comme dans le cas des éthyléniques.

Pour élucider le premier point j'ai traité le phénylacétylène par une solution alcoolique d'oxyde de sélénium à l'ébullition pendant 4 heures. Au bout de ce temps la liqueur était restée limpide, c'est-à-dire qu'il n'y avait pas eu formation de sélénium, donc pas eu d'oxydation de la matière organique. D'ailleurs un entraînement à la vapeur d'eau a permis de récupérer la totalité du phénylacétylène utilisé : l'addition d'oxygéne sur la triple liaison acétylénique n'est donc pas un phénomène général.

Pour étudier le second point, j'ai utilisé deux carbures de la série grasse : l'heptyne $CH^3-(CH^2)^4-C\equiv CH$ et l'octyne $CH^3-(CH^2)^5-C\equiv CH$. Le mode opératoire auquel je me suis arrêté est le suivant : Le carbure acétylénique (2^{mol}) est versé dans une solution alcoolique d'oxyde de sélénium (1^{mol}), que l'on fait bouillir, pendant 3 heures, au réfrigérant ascendant. La solution, limpide au début, devient vite rouge foncé et laisse déposer du sélénium. A la fin de la réaction, on entraîne à la vapeur d'eau, extrait à l'éther le distillat, sèche sur SO^4Na^2, et distille, d'abord dans l'air pour

---

(1) *Ber. Deut. Ges.*, 65, 1932, p. 1601.

(2) *J. Chem. Soc.*, 1932, p. 2344.

récupérer une petite quantité de carbure non attaqué, puis dans le vide.

L'heptyne donne ainsi un liquide huileux, légèrement coloré en jaune, d'une odeur écœurante. éb. 67° sous 18mm; $n^{D}_{20} = 1,443$; $D_{20} = 0,870$.

Or ces constantes, pas plus d'ailleurs que la combustion, ne s'accordent avec les chiffres que l'on doit attendre pour la cétone $C^4H^7 - CO - C \equiv CH$. De plus le produit ne réagit sur aucun des réactifs des cétones : La réaction n'a donc pas lieu comme dans le cas des carbures éthyléniques.

Les raisons suivantes montrent que le corps obtenu est un alcool secondaire

$$CH^3 - (CH^2)^3 - CHOH - C \equiv C - H.$$

1° La réfraction moléculaire trouvée (34,12) s'accorde bien avec cette hypothèse [théorie : 34,05].

2° La combustion donne des chiffres en bon accord avec la théorie.

3° Par action du chlorure de benzoyle, en présence de potasse, on obtient (mais avec un mauvais rendement) un éther benzoïque, passant à 154-156° sous 18mm, qui précipite le chlorure cuivreux ammoniacal.

4° Le corps précipite le chlorure cuivreux ammoniacal en donnant un précipité rouge orangé, et le nitrate d'argent ammoniacal en donnant un précipité blanc. Un dosage d'argent effectué sur ce précipité a donné un poids moléculaire de 386, alors que le chiffre prévu pour $C^7H^{12}OAg.NO^3Ag$ est 389.

5° Le corps réagit sur les magnésiens avec dégagement gazeux et un dosage des hydrogènes mobiles par la méthode de Zerewitinoff montre qu'il y a à chaud 2H mobiles, dans la molécule [volume observé 92,6 pour 100 de la théorie].

Cet ensemble de résultats ne laisse donc aucun doute sur l'existence des deux fonctions : alcool secondaire et acétylénique vrai. La position respective de ces deux fonctions a été fixée par oxydation permanganique, qui a donné l'acide valérianique $CH^3 - (CH^2)^3 - CO^2H$.

De la même manière l'octyne conduit à un alcool passant à 83° sous 19mm :

$n^{D}_{19} = 1,445$; $D_{19} = 0,871$; R. M. trouvée, 38,5 (théorie 38,66).

Donc l'oxyde de sélénium réagit sur les acétyléniques vrais suivant un processus différent de ceux qui avaient été signalés jusqu'ici : L'oxydation donne naissance à des alcools, non à des cétones.

On pourrait penser que ces alcools ne sont que des produits intermédiaires qu'une oxydation plus prolongée transformerait en cétones. Cette manière de voir n'est guère admissible parce que :

Le meilleur rendement en alcool acétylénique (27 pour 100) a été obtenu avec deux molécules d'acétylénique pour une de SeO^2. Mais, même en doublant la quantité d'oxyde et en prolongeant l'ébullition pendant 10 heures, il n'a pas été possible de mettre en évidence des quantités notables de cétone : Le rendement en alcool acétylénique s'abaisse à 10-15 pour 100, il passe des produits de tête [52° à 65° sous 18^{mm} dans le cas de l'heptyne] mais en quantité trop faible pour en permettre l'étude.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur l'orientation de certains cristaux par l'hydrargillite. Particularité dans l'orientation de cristaux se déposant au contact de calcite maclée.* Note de M. **L. Royer**, transmise par M. Pierre Weiss.

1. L. Pauling [1] a fait remarquer que les dimensions de la base p (001) des cristaux pseudo-sénaires d'hydrargillite sont sensiblement les mêmes que celles de la tridymite. De plus, ces paramètres sont quasi identiques à ceux trouvés par Mauguin [2] pour les plans p (001) de la muscovite.

Cela étant, j'ai recherché si les cristaux qui sont orientés par un clivage de mica le sont également par la tridymite et l'hydrargillite.

On n'arrive à aucune conclusion avec la tridymite. En effet le clivage suivant p (001) dans ce minéral est trop peu distinct pour que l'on puisse réaliser une lame de clivage fraîche. Sur les faces p (001) naturelles, on n'observe aucune orientation.

Sur un échantillon d'hydrargillite de Slatoust dans l'Oural j'ai pu prélever des lames de clivage de quelque étendue.

Tous les minéraux [3] qui sont orientés par la muscovite le sont également par l'hydrargillite. Les lois qui régissent leurs orientations sur l'hydrargillite sont les mêmes que celles qui définissent leurs orientations sur la muscovite à condition de substituer à la rangée [100] de la muscovite la rangée [010] de l'hydrargillite.

2. Lorsque dans la calcite on produit la macle mécanique, toutes les propriétés de la partie retournée sont symétriques par rapport au plan b^1(110) de celles de la partie restée intacte.

Cela est mis également en évidence dans l'orientation des cristaux par la calcite maclée.

(1) L. Pauling, *National Acad. Sciences of the U. S. A.*, 16, 1930, p. 123.
(2) Mauguin, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 288.
(3) L. Royer, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 620.

En effet, si après glissement on fait cristalliser du nitrate de sodium ou encore de l'hydroquinone sur une face de rhomboèdre $p(100)$ de calcite, on constate que sur la partie retournée l'orientation des cristaux déposés est différente, et symétrique par rapport à $b^1(110)$, de ce qu'elle est dans la partie intacte.

En produisant la macle, on a donc dans la partie retournée changé les directions du champ de forces qui existe à la surface du cristal et qui émane des centres matériels répartis suivant une certaine période.

MÉTÉORITES. — *L'origine des tectites.* Note de M. **L.-J. Spencer**.

M. A. Lacroix a donné, dans une monographie détaillée et admirablement illustrée [1], une discussion importante des hypothèses diverses suggérées pour expliquer l'origine de ces objets, d'interprétation compliquée. Il a développé une suggestion déjà présentée par M. H. Michel en (1925), à savoir que les tectites se sont formés dans l'atmosphère aux dépens de matériaux météoriques composés de silicium et de métaux légers (Al, Ca, K, Na). De tels matériaux, échauffés par le frottement de l'air, s'oxyderaient en produisant une température suffisante pour les fondre; un refroidissement rapide produirait ensuite un verre.

Bien qu'on ait beaucoup écrit sur les tectites, on a laissé échapper le fait que leurs matériaux sont de la silice vitreuse impure. La silice vitreuse pure a une densité de 2,20 et un indice de réfraction de 1,46. Pour les tectites, ces valeurs varient de 2,27 à 2,51 et de 1,48 à 1,52.

Or les « cendres » de la cité légendaire de Wabar, « détruite par le feu des cieux », découverte en 1932 par M. H. St. J. Philby [2] dans la Rub al Khali (Arabie) se composent d'une telle silice vitreuse. Le verre blanc vésiculaire contient SiO^2 92,88 pour 100 (densité, 2,10 et n 1468); le verre noir (analyse 4) manque presque entièrement de vésicules. On a trouvé en même temps des échantillons de fer météorique, et aussi une série de cratères qui ont dû se former sous l'influence d'une chute de grandes météorites. Lorsqu'une grande masse de fer, animée d'une vitesse planétaire, s'arrête subitement, l'énergie cinétique ($1/2\ mv^2$) se transforme en chaleur et produit une température très élevée. Les « bombes » de silice vitreuse qu'a trouvé M. Philby à Wabar suggèrent qu'il y avait eu formation d'un

(1) *Les tectites de l'Indochine* (*Arch. Mus. Nat. Hist.*, 8, 1932, p. 139).

(2) *Geogr. Journ.*, 81, 1933, p. 12, 24.

lac de silice fondue et bouillante au milieu des sables du désert et que cette matière s'élançait des cratères au travers d'une atmosphère composée de vapeurs de silice, de fer et de nickel. Dans le groupe de cratères météoriques découvert près de Henbury dans l'Australie centrale en 1931 ([1]), on a trouvé aussi de la silice vitreuse, mais une quantité plus petite. Ici la roche est un grès ferrugineux, et le verre (analyse 5) résultant de sa fusion est noir et moins pur que le précédent.

Les « bombes » de silice vitreuse de Wabar et ceux de Henbury sont bien pareilles aux tectites, et surtout au verre de Darwin (Analyse 3) de Tasmanie, avec lequel on peut comparer quelques-uns d'entre eux quant à la forme et à l'aspect. Cette ressemblance m'avait frappé beaucoup, mais après avoir vu les représentations des tectites de l'Indochine données par M. A. Lacroix dans sa monographie je n'hésite plus à conclure que les tectites ne sont pas d'origine météorique, bien qu'elles se lient avec la chute des grandes météorites, et qu'elles résultent de la fonte de roches terrestres par la chaleur développée par ce phénomène.

La silice vitreuse et les tectites ne peuvent se former, naturellement, que dans des circonstances bien rares. La chute de très grandes météorites n'est pas un incident fréquent, heureusement. En outre, il faut que la roche terrestre du lieu où tombent les météorites soit de l'espèce convenable, telle que le grès ou les sables du désert. La composition des tectites indique qu'il y avait dans la roche un peu de feldspath, du mica ou de l'argile (analyse 6-8); et ces constituants additionnels ont donné sans doute à la matière fondue la viscosité lui permettant de prendre des formes particulaires en tournant dans l'air après avoir été lancée d'un cratère creusé par la chute de météore, grace à une explosion due à des gaz.

La silice vitreuse résiste bien à l'action chimique et thermale, et elle peut supporter les intempéries plus longtemps que la plupart des roches. C'est pourquoi les tectites subsistent dans les dépôts actuels, où leur surface a été sculptée par lente corrosion chimique. Les australites des déserts de l'Australie ne possèdent pas cette sculpture de la surface et ont des formes plus complètes. Elles paraissent ainsi être encore plus récentes. Une inspection par voie aérienne des régions où se trouvent les australites révélerait probablement la présence de cratères météoriques associés à de grandes masses du fer météorique. Dans les autres régions, toutes les traces des cratères ont dû être effacées par la dénudation, et le fer météorique, par oxydation.

([1]) A. R. ALDERMAN, *Min. Mag.*, 23, 1932, p. 19.

1. Tectite de Smach, Cambodge (RAOULT, *in* A. LACROIX, *op. cit.*, p. 192).

2. Moldavite, vert clair, de Lhenice, Bohême (R. NOVÁČEK, *Časopis Národního Musea Praha*, 106, 1932, p. 68).

3. Verre de Darwin, Tasmanie (E. LUDWIG, *Rec. Geol. Surv. Tasmania*, 3, 1915, p. 9).

4. Verre noir de silice de cratères météoritiques à Wabar, Arabie (Analyse par M. H. HEY. Avec NiO, 0,35; CoO, traces; SrO, 0,01; P^2O^5, traces).

5. Verre noir de silice de cratères météoritiques à Henbury, Australie (Analyse par M. H. HEY. Avec NiO, 0,28; CoO et CuO, traces).

6. Grès houiller. Rhiston, Lancashire (Analyse par E. G. RADLEY, *Mem. Geol. Surv. Great. Britain Special Rep. Min. Res.*, 16, 1920, p. 21. Avec ZrO^2, 0,05; P^2O^5, 0,03; CO^2, 0,85).

7. Grès triasique, un peu argileux, de Heidelberg, Allemagne (H. ROSENBUSCH, *Elemente der Gesteinslehre*, 4e édition par A. OSANN, 1922, p. 536).

8. Arkose-leptite de Loos, Suède (Analyse par J. PETRÉN, *in* W. LARSSON, *Bull. Geol. Inst. Upsala*, 24, 1932, p. 140).

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
SiO^2	72,08	80,73	88,76	87,45	68,88	80,88	79,66	78,28
TiO^2	0,78	0,32	1,24	0,15	3,64	0,65	–	0,06
Al^2O^3	13,21	9,61	6,13	1,77	3,80	9,80	9,21	11,27
Fe^2O^3	0,37	–	–	0,28	8,46	2,36	3,57	–
FeO	4,47	1,93	1,24	5,77	7,92	–	0,08	1,79
MnO	0,13	0,07	traces	0,01	0,05	0,12	traces	–
MgO	1,92	1,59	0,58	0,60	2,03	0,31	0,67	0,22
CaO	2,42	2,13	0,17	1,90	2,51	0,20	0,10	0,62
Na^2O	1,61	0,37	0,13	0,39	0,03	0,38	0,22	2,96
K^2O	2,80	3,60	1,36	0,58	1,43	1,13	4,49	3,88
H^2O	0,26	0,02	–	0,12	0,08	3,28	1,84	0,15
	100,05	100,37	99,61	99,38	100,91	100,04	99,86	99,23
Densité	2,422	2,343	2,275	2,24	2,31	–	–	–
n	1,506	1,487	1,490	1,500	1,545	–	–	–

GÉOLOGIE. — *Sur la teneur moyenne de l'extraction des minerais de cuivre.* Note de M. F. BLONDEL, présentée par M. L. de Launay.

Il est évident que l'analyse des résultats de l'extraction des gisements minéraux est un moyen d'être renseigné sur leur composition. Nous nous proposons d'indiquer ici quelques premières conclusions qui paraissent se dégager de cette étude en ce qui concerne la teneur des gisements de cuivre.

I. Si l'on examine par exemple la production du cuivre extrait aux États-Unis, on constate que, pour près de la moitié de la production

(400 000 tonnes par an), les teneurs sont peu variables pendant une longue période. Ainsi, de 1912 à 1928, dans l'Utah (120 000 tonnes), la teneur a oscillé seulement entre 0,83 et 0,94 pour 100, chiffre maximum qui n'a été dépassé qu'en 1921-1922 où la teneur a atteint 1 pour 100.

II. Pour l'autre moitié de la production des États-Unis, on ne connaît pas les chiffres gisement par gisement, mais seulement pour des groupes de gisements d'un même Comté ou d'un même État. On constate alors dans le temps des variations de teneur qui sont de deux sortes :

a. De très rapides augmentations qui s'expliquent sans doute par la mise en exploitation, dans le même Comté ou État, de gisements nouveaux riches.

b. Une baisse continue et régulière qui est due à l'épuisement des zones riches de cémentation. Quand on peut étudier la variation de la teneur d'un même gisement sur un temps très long, on constate que l'on part de teneurs assez fortes au début et que ces teneurs, ensuite rapidement décroissantes, tendent vers une limite.

III. Il semble que l'on puisse conclure de l'étude précédente que, abstraction faite des variations dues aux phénomènes de cémentation, la plus grande partie du tonnage d'un gisement de cuivre reste en moyenne au voisinage d'une même teneur.

IV. *a*. Nos conclusions paraissent peu en accord avec certaines théories classiques qui supposent que la teneur des produits extraits peut être volontairement modifiée de manière à tenir compte de la variation des prix. Une analyse détaillée montre que cette influence n'est pas absolument nulle, mais qu'elle est à peine sensible.

b. Nos conclusions semblent d'ailleurs conformes aux idées généralement admises sur la genèse des gisements métallifères. Ceux-ci se présentent comme le résultat de phénomènes physico-chimiques, soumis principalement à la température et la pression qui dépendent elles-mêmes de la profondeur où se forme le gisement. Ces conditions imposent le type métallogénique du gisement, comme l'a montré depuis longtemps M. L. de Launay. Il est naturel d'admettre qu'elles imposent également la teneur moyenne.

GÉOLOGIE. — *Sur le raccord des dislocations de Punta pescadores avec celles de la chaîne calcaire du Rif.* Note de MM. **A. Marin** et **P. Fallot**, présentée par M. Ch. Jacob.

Nous avons mentionné, en 1930 (¹), que la chaîne calcaire du Rif semblait formée de plis autochtones, à peine déversés vers le Sud-Est, selon la transversale Fahç d'Adeldal-Jemis de Beni Selman. Alors que son pli le plus externe, l'anticlinal Dj. Lexcheb-Dj. Xerafat s'est ennoyé au Had de Beni Derkoul, le bord le plus externe de cette partie de la chaîne correspond au prolongement de l'anticlinal plus interne Cudia Talamsque-Dj. Agbrod.

En 1932, nous l'avons suivi jusqu'au Sud d'Afusan, où il se termine par diverses cassures et s'ennoie à son tour brutalement dans le Flysch. Plus à l'intérieur, la partie axiale de la chaîne autochtone se prolonge par une large zone dolomitique, qui, complétée de calcaires (du Lias?) et de Flysch, tend aussi à s'abaisser vers l'Est. Elle atteint l'Oued Buhia. Plus au Nord enfin, on aborde la zone paléozoïque interne. Celle-ci nous avait paru, au Nord-Ouest du Jemis de Beni Selman, s'appuyer à 45° contre le contrefort Nord-Est du Dj. Tazaot. On sait maintenant que, sur la transversale Tazaot-Xauen, ce Paléozoïque ou la série secondaire qui l'accompagne chevauche largement la zone calcaire vers l'extérieur de l'arc.

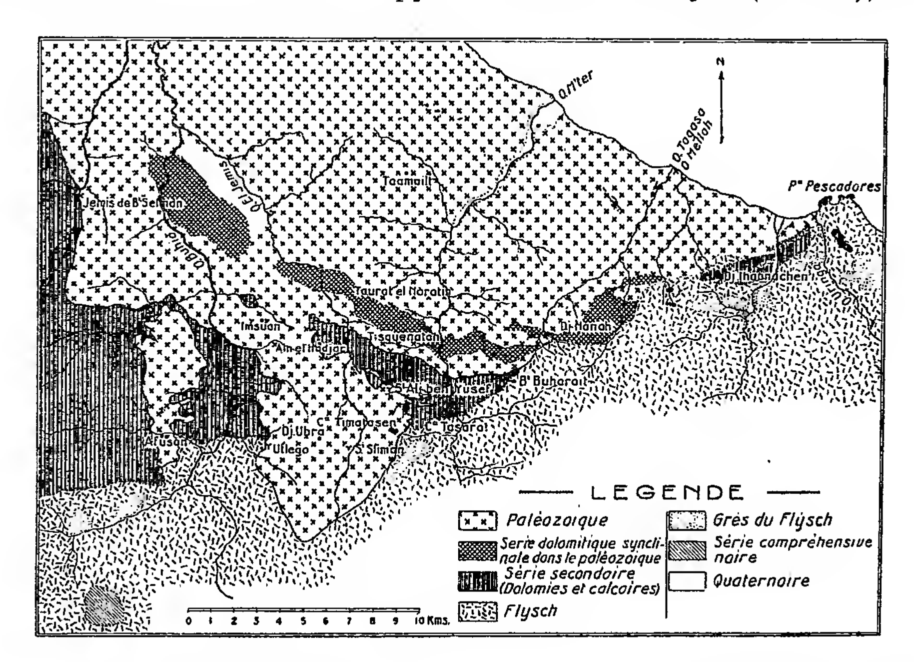
Nos récentes observations ont montré que ce chevauchement se poursuit vers l'Est. Il est manifeste dans l'éperon du Jemis. Vers Afusan, le Paléozoïque récent, accompagné de « calizas alabeadas », s'avance jusque très près du bord externe de la zone calcaire, où il repose sur le Flysch d'une dépression synclinale.

A partir de l'O. Buhia, le chevauchement s'accuse encore, sinon en ampleur, du moins en netteté. La chaîne calcaire, d'ailleurs rétrécie, coupée en cluse par le torrent, disparaît en tunnel sous le Paléozoïque chevauchant qui vient reposer par son front sur le Flysch périphérique. Le contact passe au Sud de Utlega, 2^{km} au Sud de Bab Ziat, remonte au Nord-Est et coupe obliquement l'O. Jemis pour passer dans le contrefort Nord de la Cudia Timatasen. A partir de la crête séparant l'O. el Jemis de l'O. M'ter, la zone calcaire réapparaît et les chevauchements qui l'avaient débordée plus à l'Ouest diminuent, de sorte que l'on retrouve, dès le pied

(¹) A. Marin, M. Blumenthal et P. Fallot, *B.S.G.F.*, 4e série, 30, 1930, p. 659-735.

de la Kudia Tanaroz et l'entrée amont de la cluse de l'O. M'ter, le contact à peu près normal de l'extérieur de la chaîne calcaire avec le Flysch périphérique.

Le chevauchement des schistes couleur de fumée sur la dolomie de Aïn el Hadjar, au-dessus de Tofraut, n'est pas seulement le fait d'un déversement comme nous l'avions supposé à distance en 1930 (*loc. cit.*), mais



cette dolomie apparaît complètement recouverte par le Paléozoïque ancien dont le front est au Sud de Bab Ziat, c'est-à-dire à 4-5^{km} plus au Sud.

Des fenêtres, apparaissant dans l'O. Buhia et ses affluents, montrent que la largeur visible de la zone calcaire, rétrécie et abaissée, est ici de 8^{km}. L'ampleur mesurable du charriage est de 11^{km}.

Les accidents de cette chaîne calcaire restent sensiblement droits sous le Paléozoïque, comme plus à l'Est quand ils réapparaissent dans les Kudia Timargaden et Yama d'Asagar, à l'Ouest du M'ter.

A partir de Bab Ziat, l'ampleur apparente du chevauchement se réduit rapidement. Il reste net à Sidi Ali Ben Yusef, où le complexe paléozoïque repose dans le berceau d'un synclinal de dolomies dont le fond est coupé en cluse par l'Oued. Mais vers le Yama d'Asagar et le Dj. Nanoh, nous avons montré en 1931 qu'il n'apparaissait plus.

Les lambeaux du Dj. Ihannachen et du Sud-Est de Puerto Capaz

seraient à rapporter à une petite écaille jouant en réduction le même rôle que celle du Tazaot-Kelti.

La participation au chevauchement d'importantes masses paléozoïques dans le secteur étudié est à rapprocher de l'existence du Paléozoïque découvert dans les chevauchements des Boccoya par M. Blumenthal. Analogie d'éléments constitutifs et homologie de position permettent d'admettre que ces chevauchements des Boccoya ne sont autre chose que le prolongement de ceux des Beni Selman.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Quelques remarques concernant le séisme du 2 mars* 1933. Note de MM. **C.-E. Brazier** et **L. Génaux**, présentée par M. Ch. Maurain.

Le tremblement de terre qui vient de dévaster la partie nord-ouest de l'île de Nippon a été enregistré à l'Observatoire de l'Institut de Physique du Globe au Parc Saint-Maur, le 2 mars entre $17^h43^m39^s$ et 24^h.

Le début est extrêmement net sur les cinq diagrammes inscrits simultanément et les différentes phases sont facilement discernables. D'après le temps écoulé entre l'arrivée des premières ondes ($17^h43^m39^s$) et celle des secondes ($17^h54^m13^s$) la distance de l'épicentre, comptée sur le grand cercle joignant ce point à Paris était de 9450^{km}.

Les séismogrammes offrent beaucoup de ressemblances avec ceux qui ont été obtenus le 15 juin 1911 lors d'un tremblement de terre ressenti également au Japon et dont l'épicentre se trouvait dans la mer de Chine. On y remarque des premières et des secondes ondes beaucoup plus amples que celles que l'on enregistre d'habitude et des ondes longues dont la période atteint des durées inusitées. Les mouvements du sol que ces dernières ont causés dans la région parisienne ont atteint des valeurs exceptionnelles. Il est malheureusement impossible de préciser leurs amplitudes maxima, les styles du séismographe Wiechert ayant été désarticulés vers 18^h17^m, 19 minutes après l'arrivée des premières ondes longues, et ceux du séismographe Mainka ayant dépassé à plusieurs reprises les bords du papier.

Voici les résultats de quelques mesures effectuées sur les diagrammes du séismographe Wiechert dans la partie enregistrée correctement [1] :

---

[1] Les périodes sont exprimées en secondes et les amplitudes du déplacement du sol en microns.

Composante Nord-Sud.				Composante Est-Ouest.			
Phase.	Heure.	Période.	Amplit.	Phase.	Heure.	Période.	Amplit.
iP....	$17^h43^m39^s$	»	»	iP....	$17^h43^m39^s$	»	»
PR...	47. 0	»	»	» ...	»	»	»
» ...	»	»	»	PR...	47. 7	14	123
iS....	54.13	18	470	iS....	54.16	20	740
» ...	»	»	»	SR...	59.56	»	»
L.....	58. 0	»	»	L.....	18. 0. 0	»	»
» ...	»	»	»	M_1...	$12\text{-}13^m$	50	4400
M_1...	$18.13\text{-}14^m$	39	3600	M_2...	$13\text{-}14^m$	43	5100
M_2...	$14\text{-}15^m$	34	4600	» ...	»	»	»
M_3...	$15\text{-}16^m$	33	5500	» ...	»	»	»

Les amplitudes des déplacements du sol calculées d'après le séismographe Mainka dépassent notablement celles que contient le tableau précédent. Jusqu'à présent, la plus grande valeur mesurée était 4400^{μ} sur la composante Est-Ouest du séismographe Mainka le 14 avril 1924 (tremblement de terre des îles Mariannes). On voit qu'elle a été largement dépassée jeudi dernier.

Le tremblement de terre du 2 mars 1933 semble devoir se classer parmi les manifestations séismiques d'intensité exceptionnelle et, si l'on en juge d'après ce que nous venons d'exposer, c'est le plus violent qui se soit produit dans les parages de la mer de Chine et du Japon depuis plus de 23 ans.

Remarques sur la Communication précédente par M. **Ch. Maurain.**

L'amplitude des mouvements du sol enregistrés au Parc Saint-Maur lors du séisme du 2 mars 1933 dépasse, d'après les graphiques correspondant aux deux composantes, 6^{mm} et probablement 7^{mm}. C'est la plus grande amplitude qui ait jamais été observée dans la région parisienne pour des mouvements d'origine séismique. Il est intéressant que ces mouvements proviennent d'un séisme dont l'origine était à une grande distance de Paris. Ils correspondaient d'ailleurs à des ondes de longues périodes, 30 à 40 secondes, et de ce fait leur accélération n'était pas considérable. Les mouvements provenant de petits séismes locaux sont beaucoup plus rapides, et ont des accélérations assez fortes qui les rendent sensibles avec des amplitudes parfois très faibles.

MÉTÉOROLOGIE. — *Les climats du domaine tropical français.* Note de M. **Henry Hubert.**

Une étude d'ensemble des différents climats du domaine tropical français n'avait pas encore été abordée. La précision qu'elle comporte oblige à définir chacun de ces climats, non plus comme celui d'une région plus ou moins vaste, mais comme celui d'un point, d'un lieu déterminé et à dire que le climat est *pour ce lieu*, *l'état le plus habituel de l'atmosphère*, *celle-ci étant considérée à une faible distance du sol et au cours des différentes périodes de l'année*. Il va de soi qu'une fois décrit le climat d'un lieu, rien n'empêche d'étendre la description à l'ensemble d'une région, en faisant ressortir les différences, progressives ou brutales, observées à partir de ce lieu.

Les chiffres ne suffisent plus pour caractériser un climat conformément à la définition donnée plus haut. Il faut recourir à des graphiques, chacun d'eux traduisant l'allure des variations des différents éléments météorologiques au cours de l'année et constituant ainsi, pour chaque localité, une sorte de fiche signalétique du climat.

De telles fiches, se rapportant à toutes les stations tropicales de nos colonies (200 séries de fiches environ), ont été établies, en utilisant soit les moyennes, soit la plus grande fréquence graphique [1]. Comme ces fiches sont toutes sur le même modèle, avec des échelles identiques pour les mêmes éléments météorologiques, elles mettent automatiquement en évidence des analogies ou des oppositions marquées. Elles montrent une fois de plus que les deux éléments du climat dans les régions tropicales sont la température et la pluviosité, et que, si cette dernière a souvent localement une importance physique plus grande, elle ne comporte pas toujours une précision suffisante pour permettre des différenciations de climat un peu fines dans les territoires de grande superficie. On réalise au contraire aisément ces différenciations en utilisant les courbes de température (position des points d'inflexion, amplitudes, pentes, etc.).

A titre d'exemple, je donne ici les grandes divisions d'un classement général des climats coloniaux, par unités géographiques, classement pour lequel je me suis astreint à n'utiliser que les positions et les valeurs des

(1) *Nouvelles études sur la météorologie de l'A. O. F.*, Paris, 1926.

Grandes divisions des climats coloniaux par unités géographiques.

Températures maxima (¹).				Températures minima (¹).					
Premier point		Deuxième point		Premier point		Deuxième point			
élevé.	bas.	élevé.	bas.	élevé.	bas.	élevé.	bas.	Localité-type.	Région ou pays.
				Afrique continentale.					
MARS	*Juillet*	Nov.	Déc.	MARS	*Juillet*	Nov.	Déc.	Brazzaville	Moyen-Congo
MARS	*Août*			MARS	Janv.	Nov.	*Août*	Grand-Bassam	Basse Côte d'Ivoire
MARS	Janv.	Nov.	*Août*	MARS	Janv.	Nov.	*Août*	Bouaké	Baoulé
MARS	Janv.	Nov.	*Août*	MARS	*Janv.*	Nov.	Août	Korhogo	Soudan méridional
AVRIL	Janv.	Nov.	*Août*	MAI	*Janv.*	Octob.	Août	Ouagadougou	Soudan septentrional
SEPT.	*Mars*			SEPT.	*Fév.*			Dakar	Cap Vert
MAI	*Janv.*	Octob.	Août	JUIN	*Janv.*	Sept.	Août	Nioro	Sahel soudanais
JUIN	*Janv.*	Sept.	Août	JUILLET	*Janv.*			Araouan	Azaouad
JUILLET	*Janv.*			JUILLET	*Janv.*			Taodéni	Sahara
				Indochine.					
AVRIL	Juillet	Août	*Déc.*	AVRIL	Juillet	Sept.	*Déc.*	Saïgon	Cochinchine
AVRIL	*Janv.*	Sept.	Juillet	JUIN	*Fév.*	Août	Juillet	Dalat	Lang-Biang
JUIN	*Déc.*			AOUT	*Janv.*			Hué	Annam
JUILLET	*Fév.*			JUILLET	*Janv.*			Hanoï	Tonkin
AVRIL	Juillet	Sept.	*Déc.*	JUIN	*Janv.*			Luang-Prabang	Laos
Mai	*Janv.*	JUILLET	Juin	JUILLET	*Janv.*			Chapa	Fan Si Pan
				Madagascar.					
Avril	Fév.	DÉCEMB.	*Août*	Mars	Janv.	DÉCEMB.	*Juillet*	Diégo-Suarez	Cap d'Ambre
Févr.	Janv.	DÉCEMB.	*Juillet*	MARS	Janv.	Déc.	*Juillet*	Helville	Nosy-Bé
AVRIL	Fév.	Nov.	*Juin*	AVRIL	Fév.	Nov.	*Juillet*	Majunga	Côte Nord-Ouest
DÉCEMB.	*Août*			FÉVRIER	*Août*			Sainte-Marie	Côte Est
NOV.	*Juillet*			FÉVRIER	*Août*			Tananarive	Imérina
JANVIER	*Août*			JANVIER	*Août*			Tuléar	Sud-Ouest
				Colonies diverses.					
Mars	*Janv.*	SEPT.	Mai	AVRIL	Janv.	Déc.	*Juin*	Cayenne	Guyane
Mai	*Janv.*	SEPT.	Juin	JUILLET	*Janv.*			Fort-de-France	Martinique
MARS	Janv.	Octob.	*Juillet*	MARS	Janv.	Déc.	*Juillet*	Papeete	Tahiti
JANVIER	*Juillet*			JANVIER	*Août*			Pointe des Galets	Réunion
FÉVRIER	*Août*			FÉVRIER	*Août*			Nouméa	Nouvelle-Calédonie

(¹) Les mois écrits en CAPITALES sont ceux où les courbes sont à leur point le plus haut, les mois écrits en *italiques* sont ceux où les courbes sont à leur point le plus bas.

points d'inflexion des courbes des températures. Il correspond, dans l'ensemble, aux divisions déjà connues, mais il est beaucoup plus précis et a été réalisé d'une façon objective, à l'aide d'un seul type d'éléments. Naturellement les autres éléments des graphiques permettent d'introduire des divisions secondaires.

PALÉONTOLOGIE. — *Présence de Radiolaires du groupe des Phæodaria dans le Carbonifère inférieur de Pologne*. Note de M. **Zb. Sujkowski**, présentée par M. L. Cayeux.

Les Radiolaires fossiles inclus dans les nodules phosphatés des montagnes de Sainte-Croix, en Pologne, sont exceptionnellement bien conservés. Les nodules apparaissent à la base du Carbonifère, dans la série des schistes et lydiennes. Il est possible d'isoler les Radiolaires de leur gangue à l'aide de l'acide azotique, grâce à la composition chimique différente du squelette des Radiolaires et du ciment : les premiers sont fossilisés par de la silice, alors que la gangue est en phosphate de chaux.

Parmi les nombreux genres et espèces de Radiolaires, ainsi mis en liberté, on reconnaît des formes qui n'appartiennent ni aux *Spumellaria*, ni aux *Nassellaria*. Ce sont des Radiolaires à test continu, non treillissé, composé d'aiguilles cimentées par une matière en partie siliceuse. Les coquilles sont ornées d'épines, pourvues d'un canal axial, à l'exemple des spicules d'Éponges, et presque toujours arquées. Parmi les Radiolaires vivants, ces deux particularités de structure de la coquille sont connues uniquement dans le groupe des *Phæodaria*, sous-groupe *Phæogromia*.

Les formes observées sont encore apparentées à ce groupe par la symétrie bilatérale du squelette, et par l'existence d'une grande ouverture buccale, à la partie orale du test, souvent accompagnée par des ouvertures latérales. Par les caractères du test et des épines, elles ont de grandes affinités surtout avec les représentants des familles des *Circoporida* et *Tuscaporida*. Leur forme extérieure les rapproche surtout des *Challengerida* (du même sous-groupe). Mais elles se distinguent de ces familles par des sillons obliques inconnus chez les formes vivantes.

Il est probable qu'il faut rattacher ces Radiolaires au groupe des *Phæodaria*, sous-groupe des *Phæogromia*, en tant que nouvelle famille, pour le moment représentée par deux genres, comportant l'un et l'autre plus d'une espèce.

On peut facilement reconnaître deux types différents, considérés comme des genres distincts. Le premier type revêt la forme d'un cône très allongé, quelquefois orné d'épines autour de l'ouverture (partie basale) de la coquille. Il existe parfois sur tout le test des épines secondaires très petites. La surface du cône est creusée de sillons obliques par rapport à l'allongement de la coquille, et porte quelquefois de petites granulations. Le second type est plus compliqué. Il affecte la forme d'un casque aplati latéralement. La surface en est également creusée de sillons obliques par rapport à l'allongement du squelette. La bouche, ainsi que les ouvertures latérales, est entourée de nombreuses épines canaliculées qui restent presque toujours dans le plan de symétrie. Les épines, toutes arquées, sont groupées au sommet et autour de la bouche; les deux plus rapprochées de celle-ci se réunissent pour l'entourer d'une sorte d'arc. Il n'est pas rare qu'on puisse distinguer des granulations ou des petites ouvertures perforant la surface des épines.

Jusqu'à présent les Radiolaires du groupe des *Phæodaria* n'avaient jamais été rencontrés dans les dépôts antétertiaires.

CRYPTOGAMIE. — *Les radiations sexuelles chez les champignons*. Note de MM. **René Vandendries** et **Harold J. Brodie**, présentée par M. L. Mangin.

Trente spores de *Lenzites betulina* furent isolées et mises à germer dans des tubes contenant un milieu nutritif à l'agar. Nous avons obtenu de cette façon trente mycéliums monosporiques haploïdes sans anses d'anastomose, indéfiniment stériles.

En confrontant, deux à deux, dans toutes les combinaisons possibles, des prélèvements de nos trente haplontes, nous avons pu vérifier au microscope que la sporée de *Lenzites betulina* est *tétrapolaire*, c'est-à-dire qu'elle renferme quatre groupes de spores donnant des mycéliums sexuellement différenciés par leur aptitude à se conjuguer entre eux.

Suivant l'hypothèse de Kniep, généralement admise, il existe dans le noyau de la basidie quatre groupes sexuels, logés dans des chromosomes différents. Lors de la ségrégation des sexes, au cours des cinèses réductionnelles, la répartition de ces facteurs, désignés par a, b, a', b', est soumise aux lois suivantes :

1° Chacune de ces quatre spores reçoit deux de ces facteurs.

2° Cette répartition obéit à une condition d'allélomorphisme inéluctable, en ce sens que dans une même spore ne peuvent jamais coexister deux facteurs désignés par les mêmes lettres. Sont donc impossibles les constitutions factorielles aa', bb'.

Par contre, se présentent dans les noyaux des spores et dans les myccéliums issus des spores, les quatre paires de facteurs ab, $a'b'$, $a'b$, ab'.

3° Pourront se conjuguer entre eux pour donner un mycélium diploïde avec anses d'anastomose et produire éventuellement des carpophores normaux, les mycéliums capables par leur union de rétablir la culture diploïde originelle, de constitution $aba'b'$, qui donna naissance au carpophore. Sont donc possibles et se produisent en réalité, dans les confrontations entre haplontes, les copulations répondant aux formules suivantes : $ab \times a'b'$, $a'b \times ab'$, à l'exclusion de toutes les autres combinaisons, qui restent stériles.

De nombreuses analyses de sporées ont donné une démonstration mathémathique de ces lois et prouvé que la répartition des facteurs sexuels $aba'b'$, est soumises aux lois de Mendel : il existe dans une même sporée 25 pour 100 de spores ab, 25 pour 100 de spores $a'b'$, 25 pour 100 de spores $a'b$ et 25 pour 100 de spores ab'.

Au cours de notre analyse, nous fûmes témoins d'un fait remarquable, déjà signalé par l'un de nous chez *Pleurotus columbinus*. En confrontant nos haplontes, nous avons constaté que certaines combinaisons stériles présentaient le phénomène du *barrage sexuel*. Les deux prélèvements mycéliens implantés dans le tube en face l'un de l'autre, à une distance d'environ 15^{mm}, se développent à la surface de l'agar, croissent l'un vers l'autre, mais s'arrêtent à une distance déterminée et laissent entre eux un sillon que ni l'un ni l'autre des deux partenaires ne parvint à franchir. C'est ce phénomène que nous avons appelé *barrage sexuel*. Il résulte de notre analyse que ce phénomène est lié à la présence, dans les haplontes confrontés, des facteurs mendélisants b et b', respectivement associés soit au facteur a, soit au facteur a'. Toutes nos cultures répondant aux combinaisons $ab \times ab'$ et $a'b \times a'b'$ ont produit un barrage bien net, à l'exclusion de toutes les autres cultures stériles, où les deux individus confrontés ont poussé l'un dans l'autre, recouvrant toute la surface de l'agar mise à leur disposition.

La largeur des barrages obtenus chez *Lenzites betulina*, largeur qui atteint une valeur moyenne de 3^{mm},5, nous a donné l'occasion d'entreprendre de ces barrages une étude expérimentale et d'en déterminer la nature.

Le barrage sexuel, dû à une répulsion réciproque des hyphes confrontés, se manifeste plus vivement entre rameaux aériens qu'entre hyphes plongés dans le substratum. L'emploi de cloisons étanches et non étanches placées entre les individus confrontés nous a permis de prouver que cette répulsion n'est pas due à une action chimique, qu'elle se manifeste à travers de minces cloisons de verre, de mica, de celluloïde, d'argent, entre individus isolés l'un de l'autre, de façon à interdire toute interaction chimique.

Toute manifestation de barrage est empêchée par des lamelles d'aluminium, d'étain, de cuivre, de platine et de plomb. Nous concluons de là que, seule l'existence de radiations peut expliquer les phénomènes observés.

Ces radiations diffèrent de celles de *Gurwitsch :* elles traversent diverses substances et même des métaux sous faible épaisseur, elles provoquent des phénomènes de courbure non liés à l'activité cinétique des noyaux et elles sont exclusivement associées aux facteurs sexuels *b* et *b'*, dont l'action ne peut avoir d'influence que sur des individus répondant, par leur constitution factorielle, aux conditions énoncées précédemment.

ANATOMIE. — *Les yeux et la vision de* Cerastes vipera *Wagl. et de* Vipera aspis *L.* Note de Mlle **M. L. Verrier**, présentée par M. Bouvier.

Dans une rétine normale de Vertébré, les régions voisines de l'*ora serrata*, mises à part, les cellules visuelles d'une même sorte, qu'il s'agisse de cônes ou de bâtonnets, demeurent en tous points sensiblement comparables entre elles, quant à leur forme et leurs dimensions. Aux abords de l'*ora serrata* seulement les cellules visuelles, tout en conservant la forme qu'elles offrent dans les autres parties de la rétine, diminuent progressivement de taille.

Dans la rétine de *Cerastes vipera* et de *Vipera aspis*, les cellules visuelles, uniquement représentées par des cellules qui, morphologiquement sont des cellules à cônes, font exception à cette règle générale. Ce fait, non signalé dans les travaux les plus récents sur la vision des Reptiles, mérite une étude toute spéciale, non seulement à cause des conséquences que l'on peut entrevoir, quant aux possibilités visuelles des espèces étudiées, mais encore à cause des hypothèses qu'il suggère sur la physiologie des éléments récepteurs de la rétine.

Chez *Cerastes vipera* coexistent, uniformément répartis, en tous les points

de la rétine, deux sortes de cônes. Les uns, longs et volumineux (hauteur totale : 55$^{\mu}$), les autres, courts et minces (hauteur totale : 18 à 20$^{\mu}$). Les cônes longs se caractérisent par un segment externe fin et conique, dont la hauteur ne dépasse pas 10$^{\mu}$ environ, un segment interne globuleux ou sensiblement tronconique. Ce segment, fortement éosinophile, est séparé du précédent, à peine colorable, par un mince disque clair. Un segment myoïde long et fin, également peu colorable, le réunit au noyau, arrondi ou piriforme et toujours très granuleux. Les cônes courts possèdent un segment externe, dont la forme, les dimensions et les affinités tinctoriales rappellent celles du segment externe des cônes longs; par contre, les segments internes sont réduits et de forme à peu près cylindrique. Toujours très éosinophiles, ils sont surmontés par une goutte huileuse. Le myoïde est réduit, à tel point que segments internes et noyaux paraissent presque en contact. Ces noyaux rappellent de façon frappante ceux des cônes longs. Ainsi cônes longs et cônes courts diffèrent par les dimensions du segment interne et du myoïde, par l'existence de gouttes huileuses chez les seconds seulement. Ces deux sortes de cônes alternent à peu près régulièrement; tout au plus, peut-on rencontrer deux cônes courts pour un seul cône long. Au voisinage de l'*ora serrata*, chaque sorte d'élément diminue progressivement de taille, comme cela s'observe dans toute rétine.

Les autres parties de la rétine sont comparables à celles de la rétine des Ophidiens en général : franges pigmentaires courtes et assez peu chargées en mélanine, couches plexiformes bien représentées, couche granuleuse interne à cinq ou six assises, cellules ganglionnaires en un rang unique et serré, aucune trace de fovea, mais seulement une area peu marquée.

Les autres membranes oculaires, choroïde mince et très pigmentée, sclérotique fibreuse, rappellent de près celles des yeux de la majorité des Ophidiens. Même remarque peut être faite en ce qui concerne l'appareil dioptrique, et, les caractères de l'œil de *Cerastes vipera* sont, à part les dimensions respectives des éléments, ceux de l'œil de *Vipera aspis*. Ainsi, la rétine de ces deux Vipères doit recevoir des excitations comparables à celles que reçoit la rétine des Couleuvres, mais ces excitations sont reçues par une rétine très sensiblement différente. Quel peut être alors le résultat de ces excitations ? On sait l'importance attribuée au diamètre des cellules visuelles dans le pouvoir séparateur de la rétine. Si, cônes courts et cônes longs reçoivent les mêmes excitations, celles-ci interfèrent sans doute et donnent une image visuelle confuse; on est alors conduit à supposer un

mode de réaction différent pour ces deux sortes d'éléments, hypothèse que renforce l'existence de gouttes huileuses dans les cônes courts seulement.

Il convient aussi de noter l'existence exclusive de cônes chez des espèces à activité crépusculaire, sinon nocturne. Or, de nombreux auteurs considèrent les cônes comme les organes de la vision diurne, le cas des Vipères est une exception nette à cette hypothèse et s'ajoute aux nombreux autres cas semblables, choisis dans toute la série des Vertébrés, que j'ai énumérés dans une Note antérieure ([1]).

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Le phosphore et la mue des Crustacés.* Note de Mme **Andrée Drilhon**, présentée par M. L. Joubin.

Dans une précédente Note, nous avons montré les mutations des substances réductrices (glucose) effectuées par les crustacés du type *Maïa*, à l'époque de la mue.

Essayant de poursuivre une étude du métabolisme de cet animal aux différentes périodes de son évolution, nous avons dosé le phosphore sous trois formes :

1° Phosphore minéral acidosoluble ;
2° Phosphore organique;
3° Phosphore total.

Pour que ces résultats soient comparables à ceux de la glycémie, nous nous sommes adressée aux mêmes époques d'évolution de l'animal.

1° Jeunes immatures;
2° Jeunes avant la mue;
3° Jeunes venant de muer;
4° Jeunes ayant mué depuis plusieurs jours;
5° Adultes.

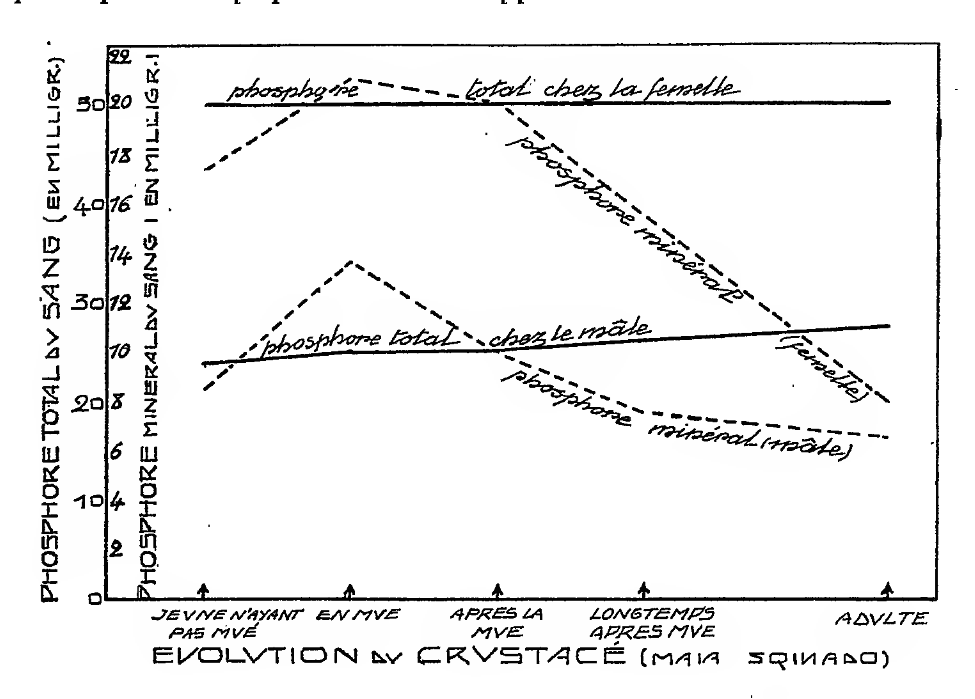
Nous avons exprimé dans les courbes ci-après l'essentiel de nos résultats.

Les dosages ont été effectués par la méthode de Brigg's, sur le sang obtenu par rupture d'une patte, et après défécation à l'acide trichloracétique.

([1]) M. L. Verrier, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1333.

Après l'examen de ces courbes on peut constater un double phénomène intéressant :

1° La constance de la teneur en phosphore total des animaux étudiés, quelle que soit l'époque de leur développement.



2° Une quantité de phosphore total, double dans le sang des femelles, par rapport aux mâles.

3° Une diminution très nette du phosphore minéral après la mue de l'animal au profit du phosphore organique, qui chez les adultes arrive à représenter 84 pour 100 du phosphore total.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action des rayons X sur la métamorphose des Insectes.* Note de Mme **Hufnagel** et M. **Marcel Joly**, présentée par M. F. Mesnil.

L'action des rayons X sur la métamorphose des Insectes n'étant pas connue jusqu'à présent, nous nous sommes attachés à ce problème. Nous avons utilisé pour nos expériences des larves de la Mouche bleue, *Calliphora*

erythrocephala (Meigen), complètement évoluées et ayant cessé de se nourrir. Ces larves réparties dans des boîtes de Petri, placées sur des blocs de paraffine, étaient exposées aux radiations. Elles ont pu se transformer en pupes dans les proportions suivantes :

Pupes.	Après la dose de	EE.	DF.	Temps d'irradiation.	
21 pour 100......	20000 R	40 cm	34 cm	5 heures	sans filtre
19 »	34000	40	26	»	»
13 »	86000	40	23	»	»

Les témoins se sont transformés dans la proportion de 40 pour 100; la nymphose a duré 16 à 17 jours.

Chez les animaux d'expérience, nous avons pu observer quelques pupes paraissant encore vivantes le 21ᵉ jour.

Nos pupes irradiées (*fig.* 3) montrent une tête bien constituée, munie d'yeux à facettes, des antennes, des pièces buccales, des pattes, des ailes. (La dévagination de ces organes essentiellement imaginaux s'effectuait le 2ᵉ et le 3ᵉ jour après l'irradiation.) La cuticule est parfaitement formée et la pigmentation, qui apparaît le 17ᵉ jour, se voit distinctement. La pupe présente donc au point de vue de sa configuration externe un aspect normal. Il n'en est pas de même en ce qui concerne la structure intime des organes.

Étude microscopique. — L'*hypoderme* du corps, au lieu d'être formé par de petites cellules imaginales (*fig.* 5 A), est constitué par de gros éléments larvaires (*fig.* 5 B). On peut supposer que l'irradiation ayant empêché le développement de l'épithélium imaginal, celui-ci n'a pas pu se substituer à l'ancien hypoderme qui est resté en place. Corrélativement on constate l'absence totale des soies de l'hypoderme.

Les *muscles* imaginaux tels que les muscles du vol (*fig.* 1 M), les muscles des pattes (M'), font défaut (cf. *fig.* 1 et 2). Nous trouvons par contre encore présents et accrus les muscles larvaires (*fig.* 2 *m*) qui habituellement servent d'échafaudage aux futurs muscles du vol. Les myoblastes imaginaux manquent totalement.

Le *tissu adipeux* imaginal est absent. En revanche le tissu adipeux larvaire qui généralement disparaît presque en entier sous la pression des fibres néoformées, persiste et occupe la place de muscles du vol non développés (cf. *fig.* 1 et 2),

Les *trachéoles* imaginales n'existent pas. On retrouve au contraire les deux gros troncs longitudinaux (*fig.* 1 et 2 *t*) qui n'ont pas été remaniés et ont conservé leur sructure larvaire (*fig.* 4 A et B).

Les *glandes salivaires* de la larve dégénèrent et deviennent la proie des phagocytes. Les glandes de néoformation (*fig.* 1 *s*) manquent entièrement.

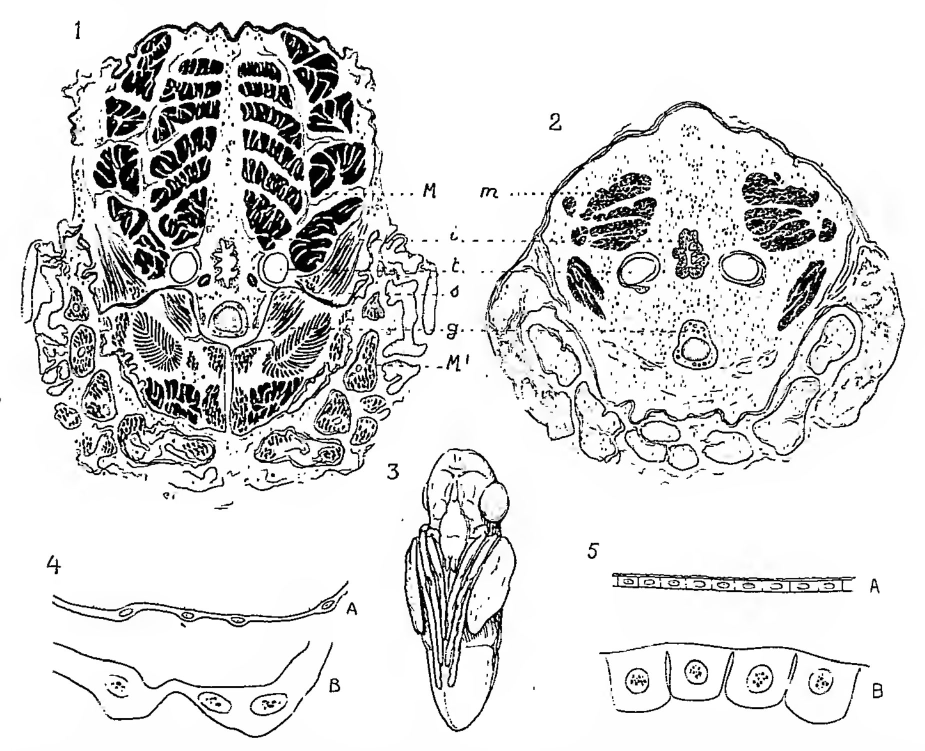


Fig. 1. Coupe transversale du mésothorax d'une pupe normale de 17 jours, × 23. — Fig. 2. Coupe transversale du mésothorax d'une pupe irradiée de 17 jours. — Fig. 3. Pupe adulte irradiée, × 5. — Fig. 4. Cellules trachéales chez la pupe A normale, B irradiée, × 385. — Fig. 5. Cellules hypodermiques chez la pupe A normale, B irradiée, × 210.

Le *jabot* larvaire persiste.

La *valvule œsophagienne* manque.

Les *papilles rectales* font défaut.

La musculature de l'*intestin moyen* a gardé son aspect larvaire.

Observons toutefois que le système nerveux, ayant suivi la capsule céphalique dans sa dévagination, présente une disposition imaginale. Notons encore la différenciation caractéristique de quelques muscles et l'apparition d'une bordure en brosse dans les cellules des tubes de Malpighi et dans celles de l'intestin moyen.

En résumé, la larve irradiée se transforme en pupe présentant la forme générale extérieure d'une nymphe normale; sa structure intime a subi des modifications considérables.

Ces modifications consistent dans : 1° la *persistance des organes larvaires* qui devraient normalement disparaître et laisser la place aux organes néoformés; 2° l'*absence des organes néoformés* qui normalement s'édifient aux dépens des cellules imaginales.

Il est probable que *l'action des rayons X ayant empêché la prolifération caryocinétique des cellules imaginales a en même temps arrêté l'histogénèse des organes correspondants*.

Il en résulte que la nymphe irradiée ayant conservé différents organes larvaires et manquant des organes essentiellement imaginaux, survit et évolue à sa manière jusqu'au moment où, ne pouvant rompre sa coque durcie, elle est condamnée à mourir sur place.

MÉDECINE. — *Sur la teinture d'iode et l'asepsie.*
Note de M. **Robert Sorel**, présentée par M. Charles Nicolle.

En 1908, Grossich de Trieste, a préconisé le large badigeonnage à la teinture d'iode du champ opératoire, sans autre précaution. Cette méthode s'est rapidement répandue.

En 1912, j'ai entrepris des expériences dans le laboratoire de Ronchèse, à Nice, pour vérifier la valeur de ce procédé. Un ensemencement avec un fil de platine, passé sur la peau badigeonnée à la teinture d'iode, était pratiqué soit sur des tubes de bouillon, soit sur des boîtes de Petri. Portés à l'étuve, ces boîtes ou ces tubes restaient stériles. L'emploi de la teinture d'iode, pour de très courtes opérations, est donc justifié.

Mais, 20 minutes après le badigeonnage, les ensemencements cultivaient sur les boîtes et dans les tubes. J'en ai conclu que, pour les longues opérations, la teinture d'iode était illusoire. Ces expériences ont été répétées un grand nombre de fois.

J'ai pensé que la teinture d'iode agissait comme un vernis qui se fendillait par les manipulations, souvent répétées dans les longues opérations, et laissait passer alors les microbes. Pour vérifier cette hypothèse, j'ai employé très souvent un vernis préparé par Zimmermann, plus solide que la teinture d'iode et ne contenant aucun antiseptique. Les plaies, même souillées, recouvertes de ce vernis, guérissaient sans complications et des

opérations aseptiques, dont la ligne d'incision était vernissée, guérissaient par première intention. A la suite de ces multiples expériences, je me crois en droit de conclure qu'un vernis, sans qualité antiseptique, remplit le même office que la teinture d'iode et, comme cette dernière, produit souvent de la vésication ou de l'irritation de la peau, qu'il y aurait avantage à la supprimer.

La croyance à la stérilisation des plaies par la teinture d'iode a été cruellement démontrée erronée au début de la guerre. Par ordre, les plaies étaient badigeonnées à la teinture d'iode, revêtues du pansement individuel et les blessés étaient renvoyés à l'arrière où ils arrivaient avec de la gangrène ou de la pourriture d'hôpital. J'en ai vu mourir un grand nombre. On se demande comment, après ces tristes résultats, la teinture d'iode a pu garder son prestige.

Il restait à constater si les opérations, pratiquées sans badigeonnage ni lavage préalable, guérissaient par première intention. Les malades, propres, ayant pris un bain, étaient placés sur la table d'opérations et recouverts de linges stérilisés à l'autoclave. Le chirurgien passe sur la ligne d'incision une compresse imbibée de savon stérile, et essuie ce tracé avec une compresse stérilisée sèche. Il opère et, la suture terminée, il nettoie les traces de sang avec une compresse, imbibée de savon stérile. Il fixe sur la plaie une compresse stérile. Dans ce cas, on n'a employé à aucun moment un liquide antiseptique. Les réunions primitives sont, comme elles l'étaient avant l'introduction de la teinture d'iode, très fréquentes et plus nettes qu'après le badigeonnage. J'ai employé ce procédé pendant plus de 10 ans.

Il faut donc conclure de toutes ces expériences que le retour à la chirurgie aseptique pure est désirable.

La séance est levée à 16h15m.

E. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de février 1933.

Expériences sur la culture en montagne de la pomme de terre, par J. Costantin, P. Lebard et J. Magrou. Extrait des *Annales des sciences naturelles*, 10e série, tome XIV, 1932. Paris, Masson et Cie; 1 fasc. 24cm,5.

L'origine des premières flores terrestres. Publications reçues en 1932, par J. Costantin. Extrait des *Annales des sciences naturelles*, 10e série, tome XIV, 1932. Paris, Masson et Cie; 1 fasc. 24cm,5.

Sélection pratique de la pomme de terre en plaine et en montagne en vue de combattre la dégénérescence, par J. Costantin. Conférence faite le 20 octobre 1932, à Paris; 1 fasc. 24cm.

Histoire des sciences. L'ancêtre de l'homme d'après les anciens, par J. Costantin. Extrait de la *Revue scientifique*, 5e série, tome V, nos 1, 2, Paris. *Revue scientifique*, 1906; 2 fasc. 26cm,5.

Les certificats phytopathologiques en agriculture, par J. Costantin. Extrait du *Procès-verbal* de la séance du 9 novembre 1932 de l'*Académie d'agriculture de France*. Alençon, Imprimerie Alençonnaise; 1 fasc. 21cm.

Les curieux cas de variétés mosaïques à 100 *pour* 100, par J. Costantin. Extrait du *Procès-verbal* de la séance du 21 décembre 1932 de l'*Académie d'agriculture de France*. Alençon, Imprimerie Alençonnaise; 1 fasc. 21cm.

Faune du Centre. Les Microzoaires ou Infusoires proprement dits, par l'Abbé E. Dumas. Moulins, « Les Imprimeries réunies », 1929, 1930; 2 vol. 22cm.

Essai sur le développement de la théorie des fonctions de variables complexes, par Gaston Julia. Conférence faite le mardi 6 septembre 1932 au Congrès international de mathématiques à Zurich. Paris, Gauthier-Villars, 1933; 1 vol. 19cm,5.

La météorite (diogénite) de Tatouine, Tunisie (27 juin 1931), par A. Lacroix. Extrait du *Bulletin de la Société française de minéralogie*, t. 55, p. 101, nos 3, 4, 5, 6. Paris, Masson et Cie, 1932; 1 fasc. 21cm.

Les Zoocécidies des plantes de l'Amérique du Sud et de l'Amérique centrale, par C. Houard. Paris, Librairie scientifique Hermann et Cie, 1933; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

Tables de fonctions sphériques et de leurs intégrales pour calculer les coefficients du développement en série de Polynomes de Laplace d'une fonction de deux variables indépendantes, par Georges Prévost. Préface de M. Marcel Brillouin. Paris, Gauthier-Villars, 1933; 1 vol. 28cm,5.

Nos Colonies, par A. MEUNIER. Paris, Imprimerie Dufrénoy, 1933. 1 Carte en couleurs, $1^m,825 \times 0^m,825$.

Un amateur, Peiresc, 1580-1637, par PIERRE HUMBERT. Paris, Desclée de Brouwer et Cie, 1933; 1 vol. $20^{cm},5$.

Oscillations d'un liquide pesant dans un bassin cylindrique en rotation, par MARCEL BRILLOUIN et JEAN COULOMB. Paris, Gauthier-Villars, 1933; 1 vol. $25^{cm},5$.

Annales Hydrographiques. Recueil de documents et mémoires relatifs à l'Hydrographie et à la navigation, 3e série, t. XI, vol. 1931-1932. Paris, Imprimerie Nationale, 1932; 1 vol. 25^{cm}. (Présenté par M. E. Fichot.)

Contribution à l'étude de la différenciation des dents jugales chez les Mammifères. Essai d'une théorie de la dentition, par MADELEINE FRIANT. Paris, Masson et Cie, 1933; 1 vol. $25^{cm},5$. (Présenté par M. Ch. Jacob.)

Travaux de la station biologique de Roscoff, publiés par CHARLES PÉREZ. Fasc. 10, 1er décembre 1932; Paris, les Presses universitaires de France, 1932; 1 vol. 26^{cm}. (Présenté par M. Mesnil.)

Mémorial du cinquantenaire de l'Institut Mianowski, 1881-1931. Warszawa, Kasa Imienia Mianowskiego. Instytut Popierania Nauki, 1932; 1 vol. $23^{cm},5$.

Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht, par ALBERT Ier, prince souverain de Monaco. Fasc. LXXXVI. *Poissons provenant des campagnes du prince Albert Ier de Monaco*, par LOUIS ROULE et FERNAND ANGEL. Imprimerie de Monaco, 1933; 1 vol. 36^{cm}.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 MARS 1933.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES RICHET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Conservation des divers virus typhiques dans le cerveau des rats et cobayes infectés.* Note de MM. **Charles Nicolle** et **J. Laigret.**

Le typhus exanthématique historique et le typhus murin [1] sont des maladies extrêmement voisines. En plus de la parenté clinique qu'elles présentent chez l'homme, la communauté des antigènes préventifs et agglutinants semble confondre leurs virus. Il n'est pas douteux qu'elles aient une origine commune. Il n'est pas plus contestable qu'elles ont, actuellement, une existence particulière. C'est ce que démontrent, avant toutes autres preuves, les données étiologiques. Le typhus historique est une maladie purement humaine, elle procède exclusivement par épidémies; le typhus murin est une maladie du rat, transmissible par accident à l'homme et endémique, d'ordinaire, dans notre espèce.

Ce comportement différent, impliquant une individualité pour chacun des typhus, donne à penser que l'on peut découvrir des signes ou des réactions qui permettent leur séparation; la parenté clinique et celle des virus font prévoir que cette recherche sera difficile. Il n'est pas à supposer qu'on découvre un caractère distinctif formel, de valeur spécifique. Tout ce qu'on peut et qu'on doit espérer, c'est d'établir un faisceau de diver-

---

[1] Nous employons, pour être plus simple, l'expression *typhus murin* au singulier; il serait plus conforme à notre opinion de l'employer au pluriel et de dire *typhus murins*.

gences dont aucune ne sera essentielle, mais dont l'ensemble offrira une valeur, c'est-à-dire une signification indiscutable.

Nous nous sommes efforcés, depuis quelques mois, de mettre en évidence les divers signes ou réactions qui plaident en faveur de la pluralité des typhus.

Le typhus murin, étant une maladie naturelle du rat, il nous a semblé que c'était sur le rat, en particulier, que nous pourrions découvrir des différences entre elle et l'infection artificielle du même animal par le typhus historique.

Nous avons déjà fait ressortir un certain nombre de ces différences : dans le cas du virus murin, maladie souvent fébrile qui se conserve indéfiniment par passages dans l'espèce, pénétration constante du virus introduit par la voie digestive; dans le cas du typhus historique, caractère constamment inapparent de la maladie du rat, arrêt des passages de rat à rat vers le douzième, inconstance de l'infection par voie digestive.

Il était supposable que le virus se conservait plus longtemps dans le cerveau chez le rat, après la guérison du typhus murin, maladie habituelle à l'espèce, qu'après la guérison de l'infection artificielle par le virus historique. Nous avons cherché s'il en était bien ainsi en employant trois virus murins (deux mexicains, un de Toulon) et notre souche tunisienne de virus historique, et en pratiquant les inoculations de la même manière (cerveau dans péritoine). Nos expériences ont porté, tout d'abord, sur des animaux inoculés à des dates variables et sacrifiés après des délais plus ou moins longs. Plus tard, nous avons pratiqué une série homogène en inoculant, à la fois, un certain nombre d'animaux avec le seul virus tunisien. En même temps que les rats, nous avons employé, en nombre un peu moindre, des cobayes. Au total, ces recherches ont porté sur 90 animaux.

Nous ne pouvons relater ici le détail d'expériences aussi nombreuses et aussi variées; on le trouvrera dans un Mémoire ultérieur. Le principal des faits et les conclusions à en tirer se résument ainsi :

1° Il n'est pas douteux que le virus murin se conserve plus lontemps dans le cerveau du rat, animal naturellement sensible, que dans celui du cobaye dont l'infection relève uniquement de l'expérimentation. Cette durée est environ du double (chez le rat, 68e jour de l'inoculation et 60e de la guérison de la fièvre des cobayes témoins; chez le cobaye, les chiffres respectifs sont de 46 et 30 jours).

A condition d'employer un virus murin, régulièrement actif par la méthode ordinaire (cerveau dans péritoine), les cobayes indicateurs, c'est-

à-dire inoculés avec le cerveau des rats chez lesquels on cherche la conservation du virus, présentent, lorsqu'ils s'infectent, la maladie sous forme fébrile presque exclusivement;

2° Dans nos expériences non sériées avec le virus tunisien, nous avons constaté une durée de conservation plus longue dans le cerveau des cobayes que dans celui des rats;

3° Une expérience en série, portant sur 34 animaux (14 cobayes, 20 rats), inoculés ensemble avec le même mélange de cerveaux de cobayes infectés du virus tunisien, puis sacrifiés du 4ᵉ jour de l'inoculation (4 jours avant le début du typhus fébrile chez les cobayes) au 24ᵉ jour qui l'a suivie (neuvième de la chute de la fièvre chez les cobayes témoins), nous a montré que, dans ces délais, la virulence des cerveaux est à peu près constante chez les cobayes (1 exception sur 14), tandis qu'elle est inconstante chez les rats (8 résultats négatifs sur 20). En outre, les cobayes indicateurs (c'est-à-dire ayant reçu les cerveaux des animaux de la série) qui ont réagi à l'inoculation du cerveau des cobayes ont présenté tous le typhus fébrile, tandis que les cobayes indicateurs des rats ont montré 7 fois sur 12 cas positifs des typhus inapparents;

4° De ces faits, il nous paraît légitime de conclure que le cerveau des rats, inoculés avec le virus historique (souche tunisienne), est infiniment moins riche en éléments virulents que celui des cobayes, inoculés du même virus, et que celui des rats, inoculés du virus murin. Il existe donc une différence sensible entre la façon dont le cerveau du rat reçoit et conserve le virus murin et le virus historique. Cette différence s'ajoute aux autres particularités déjà connues comme argument en faveur de la séparation de ces virus et des maladies qu'ils déterminent.

M. **H. Douvillé** fait hommage à l'Académie des *Études sur les Rudistes, Révision des principales espèces d'Hippurites*, 1 volume in-4°, 236 pages, 34 planches; réimpression en fac-similé de mémoires parus en 1890-1897 dans les *Mémoires de la Société géologique de France*.

En faisant hommage à l'Académie du tirage à part d'un article qu'il vient de publier dans la *Revue générale des Sciences* (¹) sous le titre : *Quelques*

(¹) Tome 44, 1933, p. 7.

considérations sur les constructions géométriques, M. **d'Ocagne** s'exprime comme suit :

Il y a beau temps que, très justement, l'Académie a décidé de ne plus accueillir dans ses *Comptes rendus* les communications des découvreurs de solutions, soi-disant rigoureuses, des problèmes de la trisection de l'angle ou de la quadrature du cercle; cela n'empêche pas les auteurs de ces solutions de saisir certains des membres de l'Académie, à titre individuel, de ce que chacun d'eux croit pouvoir considérer comme le dernier mot de la question. Me voyant, pour ma part, assez souvent conduit, par ce motif, à renouveler les mêmes explications dans l'espoir — peut-être chimérique — de faire apparaître aux yeux de mes correspondants les illusions auxquelles ils se sont laissés aller, j'ai fini par prendre le parti de rédiger, une fois pour toutes, ces explications sous forme de l'article en question, destiné à des lecteurs non, sans doute, totalement étrangers aux mathématiques, mais supposés n'en avoir qu'une simple teinture. Je m'efforce d'y préciser la distinction essentielle entre une construction *rigoureuse* et une construction simplement *exacte*, au degré d'approximation que comportent nos tracés graphiques. Il est, en effet, possible de donner, des problèmes en question, nombre de solutions ne comportant en pratique que des erreurs tout à fait négligeables, bien que non rigoureuses.

On peut, à cet égard, citer comme particulièrement typique le mode de rectification de la circonférence de cercle découvert — en pleine connaissance de cause, cela va sans dire — par le professeur brésilien Cordilha, et avec lequel l'erreur relative, qui n'est que de 0,0000006, peut, en fait, être regardée comme pratiquement inexistante.

M. **Paul Pascal**, par l'organe de M. **H. Le Chatelier**, fait hommage à l'Académie des Tomes IV et IX du *Traité de Chimie générale* publié sous sa direction. Secrétaire général Paul Baud.

Sir **Robert Hadfield** fait hommage à l'Académie d'un article intitulé *Review of the World's Position in Regard to the Use of Steel, also the World's Output from* 1800 *to* 1932.

ÉLECTIONS.

M. **Émile Borel** est élu Vice-Président pour l'année 1933, en remplacement de M. *A. Mesnager* décédé, par 42 suffrages contre 1 à M. *E. Goursat* et 1 à M. *H. Lebesgue*. Il y a 9 bulletins blancs et 2 bulletins nuls.

COMMISSIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **É. Picard**, **A. Lacroix**, **H. Le Chatelier**, **Ch. Richet**, **G. Urbain**, **A. Cotton**, **Ch. Fabry**, **Ch. Maurain**, **L. Lapicque**, **Ch. Jacob** sont élus membres de la Commission des instruments susceptibles d'être utilisés dans des recherches scientifiques variées.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Émile Devaux. *Trois problèmes : l'espèce, l'instinct, l'homme.*

2° *Bibliographie géologique de l'Afrique Équatoriale Française, du Cameroun et des Régions limitrophes*, par Marcel E. Denaeyer.

3° A.-H. Roffo et Joseph Thomas. *La Chimie du cancer.* (Présenté par M. Ch. Richet.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le problème de Dirichlet.* Note (1) de M. **Marcel Brelot**.

1. Considérons comme donnés dans l'espace à $n \geqq 2$ dimensions, et pour le langage dans le plan, un ensemble ouvert borné Ω et une distribution

(1) Séance du 6 mars 1933.

continue $f(P)$ sur la frontière Σ. Introduisons auxiliairement une fonction $F(M)$ continue dans $\Omega + \Sigma$, coïncidant avec $f(P)$ sur Σ et une suite Ω_n d'ensembles ouverts réguliers (¹) contenus dans Ω et tendant vers Ω. La solution u_n du problème classique de Dirichlet pour Ω_n et les valeurs frontière $F(M)$ tendent, comme on sait, vers une fonction harmonique bornée u, indépendante du choix de Ω_n et de F, appelée solution généralisée du problème de Dirichlet pour Ω et $f(P)$. Si les Ω_n ne sont pas nécessairement réguliers, la solution généralisée correspondante u_n tend encore vers u.

Un point frontière Q est dit régulier si pour tout $f(P)$, $u(M) \to f(Q)$ quand $\overline{MQ} \to 0$. On sait que, pour un point irrégulier O (c'est-à-dire non régulier), si γ_r est une circonférence de centre O et rayon r, la mesure angulaire de la portion de γ_r non intérieure à Ω tend vers zéro avec r.

2. Théorème I (Bouligand). — *Si $f(P)$ est $\geqq 0$, et nulle au voisinage de O irrégulier, la moyenne $\mathfrak{M}_r u = 1/\sigma \int_\sigma u\, ds$ sur la portion σ de γ_r contenue dans Ω tend* (pour $r \to 0$) *vers la plus grande limite $\overline{u(O)}$ de u en O.*

La démonstration de M. Bouligand (²) ne me semblant pas suffisante dans le cas général, j'en indiquerai une autre puis irai plus loin dans la même voie.

Soient γ_ρ assez petit et δ la portion de Ω extérieure à γ_ρ; soit aussi $\omega_n \to \Omega$ une suite d'ensembles ouverts emboîtés complètement intérieurs à Ω. Considérons la suite $\Omega_n = (\delta + \omega_n) \to \Omega$ et la solution généralisée $u_n \geqq 0$ relative à Ω_n avec un F nul dans γ_ρ. Alors $u_n \to u$ en croissant (³). Si $I_r(M)$ est l'intégrale de Poisson relative à $\gamma_r (r < \rho)$ avec les valeurs u sur σ et o ailleurs, on a aux points d'existence commune $u_n \leqq I_r$ donc $u \leqq I_r$. On en déduit que $I_r(O)$ décroît quand r décroît à o et a donc une limite d'ailleurs nécessairement égale à $\overline{u(O)}$, d'où le théorème I.

Théorème II. — *Si $f(P)$ atteint en O sa borne inférieure μ, $\mathfrak{M}_r u \to \overline{u(O)}$.*

Il suffit de considérer le cas $\mu = 0$. Étant donné $\varepsilon > 0$, soit la distribution continue $f' \geqq 0$, nulle au voisinage de O, telle que $0 \leqq f - f' \leqq \varepsilon$ et à laquelle correspond la solution u'. Alors $0 \leqq u - u' \leqq \varepsilon$. Si $r < \eta$ convenable,

$$|\mathfrak{M}_r u' - \overline{u'(O)}| < \varepsilon.$$

(¹) C'est-à-dire tels que le problème classique de Dirichlet est possible pour toute distribution-frontière continue. On dit aussi, au lieu de *régulier*, *normal* ou *de Dirichlet*.

(²) *Annales de la Soc. pol. de Math.*, 4, 1925, p. 92.

(³) La croissance et la décroissance sont prises au sens large.

Donc pour $r < \eta$,

$$|\mathfrak{M}_r u - \overline{u(O)}| \leqq |\mathfrak{M}_r u - \mathfrak{M}_r u'| + |\mathfrak{M}_r u' - \overline{u'(O)}| + |\overline{u'(O)} - \overline{u(O)}| \leqq 3\varepsilon.$$

D'où le théorème II, entraînant immédiatement le théorème suivant III :

THÉORÈME III. — *Pour toute distribution continue* $f(P)$, $\mathfrak{M}_r u$ *a une limite (valeur moyenne en* O) *quand* $r \to 0$.

3. *Quasi-limite* [1]. — Soit $\varphi(M)$ une fonction quelconque sur Ω; si l'on peut enlever de chaque γ_r un ensemble de mesure angulaire tendant vers zéro avec r, de telle sorte que sur le voisinage restant de O sur Ω, $\varphi(M)$ ait une limite déterminée λ quand $M \to O$, on dira que φ admet en O une quasi-limite égale à λ.

Supposons φ sommable sur les circonférences γ_r; si $\mathfrak{M}_r \varphi$ tend vers $\overline{\varphi(O)}$ fini ($r \to 0$), φ admet en O une quasi-limite égale à $\lim \mathfrak{M}_r \varphi = \overline{\varphi(O)}$.

Il s'ensuit, d'après le théorème II, le théorème suivant qui contient le théorème III :

THÉORÈME IV. — *Pour toute distribution* f, u *admet au point irrégulier* O *une quasi-limite (égale à la valeur moyenne en* O).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la distribution des racines des polynomes orthogonaux.* Note de M. **Krawtchouk**, présentée par M. Goursat.

Prenons une fonction non négative quelconque $p(x)$, intégrable dans l'intervalle $[0, 1]$ et satisfaisant à l'égalité

$$\int_0^1 p(x)\,dx = 1.$$

Toutes les racines $\alpha_1 < \alpha_2 < \ldots < \alpha_n$ du polynome $\omega_n(x) = x^n + a_n x^{n-1} + \ldots$, déterminé par les conditions

$$\int_0^1 p(x)\,\omega_n(x)\,x^k\,dx = 0 \qquad (k = 0, 1, \ldots, n-1),$$

appartiennent à l'intervalle $[0, 1]$. De plus, on a

$$(1) \qquad \int_0^1 p(x) x^m\,dx = \rho_1 \alpha_1^m + \rho_2 \alpha_2^m + \ldots + \rho_n \alpha_n^m \qquad (m = 0, 1, \ldots, 2n-1),$$

où les nombres ρ_i sont non négatifs.

---

[1] Voir une définition analogue *Annales de l'École Norm. sup.*, 48, 1931, p. 201.

Prenons le polynome

$$\Psi(x)=\{\cos\mu \operatorname{arc}\cos[(x-\alpha)(\beta-x)+1]\}^{2k} \qquad \left(\mu=\left[\frac{n-1}{2k}\right],\ 0\leqq\alpha<\beta\leqq 1\right),$$

qui satisfait aux inégalités

$$0\leqq\Psi(x)\leqq 1 \quad \text{pour} \quad x\leqq\alpha \quad \text{et pour} \quad x\geqq\beta,$$
$$\Psi(x)>[2\mu(\mu-1)(x-\alpha)(\beta-x)]^{2k} \quad \text{pour} \quad \alpha\leqq x\leqq\beta$$

(cf. A. Markoff, *Calcul des probabilités*, 1924, p. 524, en russe). De l'égalité évidente

$$(2) \qquad \int_0^1 p(x)\,\Psi(x)\,dx=\rho_1\Psi(\alpha_1)+\rho_2\Psi(\alpha_2)+\ldots+\rho_n\Psi(\alpha_n),$$

on déduit

$$(3) \qquad \int_\alpha^\beta p(x)\,\Psi(x)\,dx\leqq\rho_1+\rho_2+\ldots+\rho_n=1,$$

$$2\left[\frac{3}{16}\mu(\mu-1)\right]^{2k}(\beta-\alpha)^{4k+1}A_{\alpha\beta}<1,$$

où

$$A_{\alpha\beta}=\frac{2}{\beta-\alpha}\int_{\frac{3\alpha+\beta}{4}}^{\frac{\alpha+3\beta}{4}} p(x)\,dx,$$

ce qui donne

$$(4) \qquad \beta-\alpha<\frac{4\sqrt{\frac{e}{3}}}{\sqrt[4k+1]{A_{\alpha\beta}}}\,\frac{\ln n}{n-2\ln n} \qquad (n\geqq 8).$$

Supposons maintenant que

$$\beta-\alpha=4\sqrt{\frac{e}{3}}\cdot e\mathrm{L} \qquad (\mathrm{L}>1).$$

Alors de l'inégalité (4) on tire

$$(5) \qquad \int_{\frac{3\alpha+\beta}{4}}^{\frac{\alpha+3\beta}{4}} p(x)\,dx<\frac{\beta-\alpha}{2n}.$$

En appliquant l'inégalité (5) aux intervalles $[\alpha_h, \beta_h]$ et $[\alpha^{(h)}, \beta^{(h)}]$, où

$$\alpha_0=\alpha^{(0)}=\alpha, \qquad \beta_0=\beta^{(0)}=\beta; \qquad \alpha_{h+1}=\alpha_h, \qquad \beta_{h+1}=\alpha_h+\frac{\beta_h-\alpha_h}{3};$$
$$\alpha^{(h+1)}=\beta^{(h)}-\frac{\beta^{(h)}-\alpha^{(h)}}{3}, \qquad \beta^{(h+1)}=\beta^{(h)},$$

et en formant la somme

$$\int_{\frac{3\alpha+\beta}{2}}^{\frac{\alpha+3\beta}{2}} p(x)\,dx + \sum_{i=1}^{t} \int_{\frac{3\alpha_i+\beta_i}{4}}^{\frac{\alpha_i+3\beta_i}{4}} p(x)\,dx + \sum_{i=1}^{t} \int_{\frac{3\alpha'^{(i)}+\beta'^{(i)}}{4}}^{\frac{\alpha'^{(i)}+3\beta'^{(i)}}{4}} p(x)\,dx \quad \left(t = \left[\log_3 \frac{\mathrm{L}}{\ln n}\right]\right),$$

on parvient au théorème suivant :

1° *Si l'intervalle* $[\alpha, \beta]$ *ne contient pas des racines du polynome* $\omega_n(x)$, *on a l'inégalité*

$$\int_{\alpha}^{\beta} p(x)\,dx < \frac{p_{\alpha\beta}\mathrm{Q}\ln n + \mathrm{R}}{n}, \tag{6}$$

où $p_{\alpha\beta}$ *est la borne supérieure de la fonction* $p(x)$ *dans l'intervalle* $[\alpha, \beta]$ Q *et* R *sont constantes absolues.*

Comme une conséquence immédiate, on a la proposition

2° *Si la fonction non négative* $f(x)$ *satisfait aux conditions*

$$\int_0^1 f(x)x^m\,dx = \int_0^1 p(x)x^m\,dx \qquad (m = 0, 1, \ldots, 2n-1),$$

on a

$$\left|\int_0^x f(x)\,dx - \int_0^x p(x)\,dx\right| < \frac{2}{n}(p_{\alpha\beta}\mathrm{Q}\ln n + \mathrm{R}). \tag{7}$$

Si la fonction $p(x)$ dans l'intervalle $[\alpha, \beta]$ satisfait à l'inégalité

$$p(x) \leqq \pi_{\alpha\beta}(x-\alpha)^{\lambda-1}(\beta-x)^{\lambda-1} \qquad (\lambda > 0),$$

où $\pi_{\alpha\beta}$ est une constante, alors les inégalités (6) et (7) se remplacent par les suivantes :

$$\int_{\alpha}^{\beta} p(x)\,dx < \pi_{\alpha\beta}\mathrm{Q}_\lambda\left(\frac{\ln n}{n}\right)^\lambda + \frac{\mathrm{R}}{n} \tag{6'}$$

$$\left|\int_0^x f(x)\,dx - \int_0^x p(x)\,dx\right| < 2\pi_{\alpha\beta}\mathrm{Q}_\lambda\left(\frac{\ln n}{n}\right) + \frac{2\mathrm{R}_\lambda}{n}, \tag{7'}$$

où Q_λ et R_λ sont constantes absolues.

Tous les résultats de cette Note subsistent si l'on prend l'intervalle $[-\infty, +\infty]$ au lieu de $[0, 1]$, en remplaçant n par $n/\alpha_n - \alpha_1$, sous la condition que $\alpha_n - \alpha_1 < n/8$.

Dans tout ce qui précède on peut considérer l'intégration au sens de Stieltjes, en prenant au lieu de $p(x)\,dx$ et $f(x)\,dx$ respectivement $d\mathrm{P}(x)$ et $d\mathrm{F}(x)$; les fonctions $\mathrm{P}(x)$, $\mathrm{F}(x)$ étant monotones.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Une méthode de résolution des équations algébriques.* Note (¹) de M. Edm. Lahaye, présentée par M. Émile Borel.

Soit à résoudre l'équation algébrique

$$(1) \qquad y^p + a_1 y^{p-1} + a_2 y^{p-2} + \ldots + a_p = 0,$$

dont les coefficients sont des nombres quelconques, réels ou complexes. Nous supposerons que les racines de (1) sont simples. Considérons la relation

$$(2) \qquad y^p + a_1 t y^{p-1} + a_2 t^2 y^{p-2} + \ldots + a_p t^p + k t^p - k = 0,$$

dans laquelle t est une variable réelle que nous ferons varier de 0 à 1 et k un paramètre que nous préciserons plus loin. Nous pouvons calculer, dans le domaine de $t=0$, les p racines de (2) qui se réduisent respectivement à l'une des déterminations de $k^{1:p}$ pour $t=0$. Si nous obtenons les valeurs de ces p développements pour $t=1$, nous aurons calculé les p racines de (1). A cet effet, nous choisirons k de manière que les points critiques de (2) ne soient pas réels; ils sont définis par

$$(3) \qquad p y^{p-1} + (p-1) a_1 t y^{p-2} + \ldots + a_{p-1} t^{p-1} = 0, \qquad \text{ou} \qquad y = \alpha t,$$

α étant l'une des racines de

$$(4) \qquad p \alpha^{p-1} + (p-1) a_1 \alpha^{p-2} + \ldots + a_{p-1} = 0.$$

Par conséquent, les points critiques de (2) sont donnés par

$$(5) \qquad t^p = k : (k + a_p + a_{p-1}\alpha + \ldots + a_1 \alpha^{p-1} + \alpha^p).$$

Posons

$$(6) \qquad k = k_1 + i k_2, \qquad z = z_1 + i z_2 = a_p + a_{p-1}\alpha + \ldots + \alpha^p.$$

On a

$$(7) \qquad t^p = [k_1(k_1+z_1) + k_2(k_2+z_2) + i(k_2 z_1 - k_1 z_2)] : [(k_1+z_1)^2 + (k_2+z_2)^2].$$

Posons

$$t^p = \tau_1 + i\tau_2 = \rho e^{i\omega}.$$

On n'aura jamais simultanément $z_1 = 0$, $z_2 = 0$ puisque (1) ne possède pas de racines multiples. Nous choisirons k_1 et k_2 de façon que

$$k_2 z_1 - k_1 z_2 \neq 0.$$

(¹) Séance du 3 mars 1933.

Voici, par exemple, comment on peut opérer. L'élimination de α entre (4) et (6) conduit à

$$z^{p-1} + C_1 z^{h-2} + \ldots + C_{p-1} = 0, \tag{8}$$

où $C_1, \ldots, C_{p-1}$ sont des polynomes en $a_1, \ldots, a_p$. On tire de (8), en annulant séparément la partie réelle et la partie imaginaire,

$$P(z_1, z_2) = 0, \tag{9}$$
$$Q(z_1, z_2) = 0, \tag{10}$$

où P et Q sont des polynomes en z_1 et z_2 de degré $p-1$. L'élimination de z_1 entre (9) et (10) conduit finalement à

$$z_2^{(p-1)^2} + D_1 z_2^{(p-1)^2-1} + \ldots + D_{(p-1)^2} = 0. \tag{11}$$

Soit

$$D_{(p-1)^2-r} \neq 0 \qquad \text{avec} \qquad D_{(p-1)^2-i} = 0 \quad \text{pour } i = 0, 1, 2, \ldots, r-1.$$

Soient encore M la borne supérieure de la racine de plus grand module de (7) et m la borne inférieure de la racine de plus petit module.

Pour toute racine de (11) différente de zéro, on aura ainsi

$$|z_2| > |D_{(p-1)^2-r}| : M^{(p-1)^2-r}.$$

Prenons maintenant

$$k_2 = 1, \qquad k_1 = 2M \cdot M^{(p-1)^2-r} : |D_{(p-1)^2-r}|.$$

nous sommes assurés que $k_2 z_1 - k_1 z_2$ ne s'annulera pas. On déduit de (7)

$$|\tan g\omega| > m : [k_1(k_1 + M) + k_2^2] \qquad (\text{si } z_2 = 0),$$
$$|\tan g\omega| > M : [k_1(k_1 + M) + k_2(k_2 + M)] \qquad (\text{si } z_2 \neq 0).$$

Soit ω' l'angle $\tan g\omega' = m'$ où m' est le plus petit des seconds membres des inégalités précédentes. On définirait de même facilement un nombre ρ' tel que $|t^p| > \rho'$. Posons $\rho'^{1:p} \sin\omega' : p = \mu$. On voit que (2) n'aura pas de point critique dans la bande du plan comprise entre deux parallèles à l'axe des quantités réelles et situées de part et d'autre de cet axe à la distance μ. Si, dans les p développements de (2), on substitue à t l'expression

$$t = -2\frac{\mu}{\pi}\log(1 - \delta\tau) \qquad \text{avec} \quad \delta = 1 - e^{-\frac{\pi}{2\mu}} \tag{12}$$

et que l'on ordonne ensuite suivant les puissances croissantes de τ, on sait [1] qu'on obtient en particulier les valeurs des développements

---

[1] ÉMILE BOREL, *Leçons sur les fonctions de variables réelles et les développements en séries de polynomes*, 1905 (Note de M. Painlevé, p. 115).

pour $0 \leqq t \leqq 1$. Il suffit donc de faire $\tau = 1$ dans les p développements de (2) ainsi transformé pour obtenir les racines de (1). En résumé, pour résoudre l'équation (1) il faut : 1° calculer les p racines de (2) qui se réduisent à $k^{1:p}$ pour $t = 0$; 2° déterminer (8), ce qui résulte d'éliminations; 3° calculer $D_{(p-1)^2-r}$; en pratique on calculera d'abord $D_{(p-1)^2}$, puis $D_{(p-1)^2-1}$, etc., en remarquant que dans le calcul de $D_{(p-1)^2}$ il suffit, au cours de l'élimination de z_1 entre (9) et (10), de négliger dans chaque opération les puissances de z_2 inférieures à la plus élevée; de même, dans le calcul de $D_{(p-1)^2-1}$, si $D_{(p-1)^2} = 0$, on négligera, dans chaque opération, les puissances de z_1 supérieures à la plus petite et inférieures à la plus élevée, et ainsi de suite; d'ailleurs on n'aura $D_{(p-1)^2-i}$ pour $i = 1, 2$ que pour des équations particulières; 4° on calcule μ; 5° on applique (12). Si $a_i = 0$ pour $i = 5, \ldots, p-1$, on peut calculer les racines de (4) et choisir k de manière que $\tau_2 \neq 0$.

L'idée d'introduire un paramètre k pourrait s'appliquer à la résolution d'équations transcendantes; nous reviendrons sur ce point.

THÉORIE DES GROUPES. — *Génération d'un groupe topologique par des transformations infinitésimales.* Note de M. **Claude Chevalley**, présentée par M. Élie Cartan.

MM. Stone et J. von Neumann [1] ont montré récemment qu'un groupe continu (1) à un paramètre d'opérateurs unitaires d'un espace de Hilbert $\mathcal{H}$ est engendré par une transformation infinitésimale qui est le produit par i d'un opérateur hermitien hypermaximal. Réciproquement le produit par i d'un opérateur hermitien hypermaximal quelconque est la transformation infinitésimale d'un groupe à un paramètre d'opérateurs unitaires.

Appelons en général trnsformation infinitésimale de $\mathcal{H}$ le produit par i d'un opérateur hermitien hypermaximal. On peut alors démontrer le théorème suivant :

Si l'on a l transformations infinitésimales $R_1, R_2, \ldots, R_l$ *telles que les crochets de Jacobi* $(R_i, R_j) = R_iR_j - R_jR_i$ *soient des combinaisons linéaires* $\Sigma c_{i,j,k}R_k$, *elles engendrent un morceau de groupe de Lie.*

---

[1] Voir M. H. Stone, *Annals of Math.*, 33, 1932, p. 643; J. von Neumann, *Annals of Math.*, 33, 1932, p. 567. Dans ces Mémoires se trouve démontrée la proposition exposée sous la seule condition que les éléments du groupe dépendent d'une manière mesurable du paramètre.

D'une manière précise, soient $U_i(t)$ les groupes à un paramètre d'opérateurs unitaires engendrès par les R_i. Soit

$$U(T) = U(t_1, t_2, \ldots, t_l) = U_1(t_1)U_2(t_2)\ldots U_l(t_l),$$

T représentant le point de coordonnées $(t_1, t_2, \ldots, t_l)$ dans un espace euclidien à l dimensions. Il existe deux nombres r, r' tels que si $\sqrt{\Sigma t_i^2} < r$, $\sqrt{t_i'^2} < r'$, on ait

$$U(T)U(T') = U(T''),$$

avec $\sqrt{\Sigma t_i''^2} < r'$, les t'' étant des fonctions analytiques des t et des t'.

Il ne faudrait pas en déduire que le groupe G engendré par les U(T) soit localement isomorphe à un groupe de Lie de structure donnée par les $c_{i,j,k}$; car il peut se produire que dans tout voisinage de 1 il y ait des éléments de G qui ne soient pas de la forme U(T). C'est ce qui se passe par exemple pour les groupes clos appelés « solénoïdes » par M. van Dantzig (1).

On peut seulement affirmer que si $\overline{G}$ est un groupe de Lie simplement connexe de structure $(c_{i,j,k})$, il y a une image homomorphique et continue de $\overline{G}$ qui est partout dense dans G.

Par contre, la condition nécessaire et suffisante pour que G soit un groupe de Lie est qu'il soit localement connexe.

Pour démontrer le théorème en question, on montre d'abord que G se représente par un groupe de substitutions linéaires sur les R_i (formation du groupe adjoint). Appelons $R_i(T)$ la transformation infinitésimale du groupe des $U(T)U_i(t)U(T)^{-1}$. On montre qu'on peut choisir pour les u des fonctions analytiques des t telles que

$$R_i(T) - \sum u_{i,j}(T)R_j = \text{const.}$$

[$R_i(T)$ a une dérivée par rapport à chaque t_i, et l'on écrit que les dérivées partielles du premier membre sont nulles]. La constante est, moyennant un choix convenable des conditions initiales pour les $u_{i,j}$, nulle. D'ailleurs les $u_{i,j}$ ne dépendent que des constantes de structure et sont par suite les mêmes que pour le groupe de Lie de même structure. Ensuite, on prend une fonction $f(s)$ de l'espace de Hilbert pour laquelle les R_i^2 sont tous définis, et l'on forme $f[U(T)U(T')U^{-1}(T'')]$. Cette fonction a des dérivées

(1) VAN DANTZIG, *Fund. Math.*, 15, 1930, p. 102.

partielles par rapport aux t_i, t'_i, t''_i et sa différentielle totale est de la forme

$$\sum_i \left[\sum_j a_{i,j}\, dt_j + \sum_j a'_{i,j}\, dt'_{jj} + \sum_j a''_{i,j}\, dt''_j\right] R_i f.$$

En annulant les coefficients des $R_i f$, on obtient un système de Pfaff, que sa loi de formation montre être le même que dans le groupe de Lie de structure $(c_{i,j,k})$. Ce système de Pfaff est donc complètement intégrable et détermine les t'' en fonction des t et des t'. T'' étant la fonction ainsi définie de T, T′ (avec des conditions initiales convenables), on a

$$U(T)U(T')U^{-1}(T'') = 1,$$

ce qui démontre le théorème.

Comme tout groupe topologique séparable, localement compact, peut se représenter [en vertu du théorème de Haar (1)] comme groupe d'opérateurs unitaires d'un espace de Hibert (celui des fonctions de carré sommable sur le groupe), le théorème précédent donne un moyen d'étude de ces groupes. On peut notamment démontrer ainsi qu'un groupe satisfaisant aux conditions énoncées plus haut, de plus, localement connexe et tel qu'il existe un voisinage V de 1 ne contenant aucun sous-groupe est un groupe de Lie (2).

Les démonstrations de ces propositions, qui n'ont été qu'esquissées, seront développées dans un Mémoire à paraître dans un autre périodique.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur des fonctions méromorphes qui sont limites des fractions rationnelles*. Note de M. **Nikola Obrechkoff**, présentée par M. Émile Borel.

Dans une Note récente M. Montel (3) a démontré des théorèmes importants pour les fractions rationnelles à termes entrelacés sur l'axe réel et pour les fonctions méromorphes, qui sont limites de telles fractions. Nous donnons des théorèmes nouveaux pour des fonctions méromorphes plus générales.

I. *Supposons que la suite des fractions rationnelles*

$$R_n(z) = \sum_{\nu=1}^{n} \frac{A_{n\nu}}{z - \alpha_{n\nu}}$$

(1) Haar, *Annals of Math.*, 34, 1933, p. 147.

(2) Si le groupe est clos, on démontre, par des méthodes différentes, que la condition localement connexe suffit. Voir von Neumann, *Annals of Math.*, 34, 1933, p. 170, et une Note que nous publierons prochainement sur ce sujet.

(3) P. Montel, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 643.

tende uniformément vers une fonction méromorphe $R(z)$, *dont le point* $z=0$ *est un point régulier. Supposons encore que l'on a uniformément*

$$\sum_{\nu=1}^{n}\left|\frac{A_{n\nu}}{\alpha_{n\nu}^{k+1}}\right|<M \qquad (k \geqq 0). \tag{1}$$

Alors la fonction $R(z)$ *a la forme suivante*

$$R(z)=P(z)+\sum_{n=1}^{\infty}A_n\left(\frac{1}{z-\alpha_n}+\frac{1}{\alpha_n}+\ldots+\frac{z^{m-1}}{\alpha_n^m}\right), \tag{2}$$

où la série $\sum_{n=1}^{\infty}|A_n/\alpha_n^{k+1}|$ *est convergente.* $P(z)$ *est un polynome de degré* p, *qui est égal à* $[k]$ *si* k *n'est pas un nombre entier, et égal à* k *si ce nombre est entier,* $m=[k]+1$ *dans le premier cas et* $m=k$ *dans le second cas. Cette condition est aussi suffisante.*

On a plus généralement le résultat suivant : si les fractions

$$R_n(z)=P_n(z)+\sum_{\nu=1}^{n}\frac{A_{n\nu}}{z-\alpha_{n\nu}},$$

où $P_n(z)$ sont des polynomes de degré q, $\sum_{\nu=1}^{n}|A_{n\nu}/\alpha_{n\nu}^{k+1}|$ étant uniformément bornée, tendent vers une fonction méromorphe $R(z)$, elle aura la forme (2), où $P(z)$ est un polynome de degré $\max(q,[k])$ si k est un nombre non entier, et de degré $\max(q, k)$ si k est entier.

II. *Supposons que la suite des fractions*

$$R_n(z)=\sum_{\nu=1}^{n}\frac{A_{n\nu}}{z-\alpha_{n\nu}}, \tag{3}$$

où $A_{n\nu}>0$, $\varphi \leqq \arg\alpha_{n\nu} \leqq \varphi_1$, $\varphi_1-\varphi<\pi$, *tende uniformément vers une fonction méromorphe* $R(z)$. *Alors* $R(z)$ *a la forme suivante*

$$R(z)=-g+\sum_{n=1}^{\infty}\frac{A_n}{z-\alpha_n} \qquad (A_n>0),$$

où la série $\sum_{n=1}^{\infty}A_n/|\alpha_n|$ *est convergente,* $\varphi \leqq \arg\alpha_n \leqq \varphi_1$, $-\varphi_1 \leqq \arg g \leqq -\varphi$. *Cette condition est aussi suffisante.*

Pour le cas particulier où $R_n(z)$ sont des dérivés logarithmiques de polynomes on obtient un théorème de M. Pólya ([1]).

III. *Supposons que la suite de fractions* (3), *où* $A_{n\nu} > 0$, $I(\alpha_{n\nu}) \geqq 0$, *tende uniformément vers une fonction méromorphe* $R(z)$. *La fonction* $R(z)$ *a la forme*

$$R(z) = -\gamma z + \delta + \sum_{n=1}^{\infty} A_n\left(\frac{1}{z-\alpha_n} + \frac{1}{\alpha_n}\right),$$

où $A_n > 0$, $I(\alpha_n) \geqq 0$, γ *réel et* $\geqq 0$, *la série* $\sum_{n=1}^{\infty} I\left(\frac{A_n}{\alpha_n}\right)$ *est convergente, et sa somme est plus grande ou égale à* $-I(\delta)$, *et la série* $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{A_n}{|\alpha_n|^2}$ *est convergente. Cette condition est suffisante.*

On obtient comme un cas particulier un théorème énoncé par M. Pólya ([2]).

On a les mêmes théorèmes si l'on suppose dans le cas du théorème II que les fractions $R_n(z)$ sont de la forme

$$R_n(z) = -g_n + \sum_{\nu=1}^{n} \frac{A_{n\nu}}{z-\alpha_{n\nu}},$$

où encore $-\varphi_1 \leqq \arg g_n \leqq -\varphi$, et dans le cas du théorème III que $I(g_n) \leqq 0$. Dans l'énoncé des théorèmes on peut supposer que la convergence est uniforme dans le plan ouvert en enlevant les points des cercles décrits autour des α_n avec un rayon arbitrairement petit.

On peut généraliser les théorèmes II et III en supposant que les nombres $A_{n\nu}$ sont complexes, $|\arg A_{n\nu}| < \theta < \pi/2$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Généralisations de théorèmes de MM. Lindelöf et Phragmén.* Note de M. G. **Valiron**, présentée par M. Émile Borel.

En partant de la formule de Jensen, en faisant une représentation conforme du cercle sur un demi-cercle et en passant à la limite, on obtient cet énoncé.

I. *Si* $f(z)$ *est une fonction de* $z = x + iy$ *holomorphe pour* z *fini et* $x \geqq 0$,

([1]) G. Pólya, *Göttingen Nachrichten*, 1913, p. 326-330.

([2]) G. Pólya, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 413.

si

1° $$\lim_{r=\infty} \frac{1}{r}\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \left|\log|f(re^{i\varphi})|\right| \cos\varphi\, d\varphi = 0;$$

2° $$\int_{-\infty}^{+\infty} \left|\log|f(iy)|\right| \frac{dy}{y^2}$$

existe, on a, pour $z_0 = x_0 + iy_0$, $x_0 > 0$,

(1) $$\log|f(z_0)| \leq \frac{x_0}{\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} \log|f(iy)| \frac{dy}{x_0^2 + (y-y_0)^2}.$$

Cette proposition, contenue dans un théorème de M. R. Nevanlinna [1], peut conduire à des résultats que j'ai donnés dans un Mémoire précédent [2]; en voici une autre application.

$f(z)$ étant une fonction entière d'ordre inférieur à 1, appliquons (1) (et la formule analogue obtenue en remplaçant dans I les log par $\overset{+}{\log}$) aux demi-plans $\mathcal{R}(ze^{i\tau}) > 0$ et aux points correspondants $z_0 e^{i\tau}$. En intégrant, on introduit les moyennes

$$\mu(r, \varphi, \alpha) = \frac{1}{2\alpha}\int_{-\alpha}^{+\alpha} \log|f(re^{i\tau+\varphi})|\, d\tau,$$

$$m(r, \varphi, \alpha) = \frac{1}{2\alpha}\int_{-\alpha}^{+\alpha} \overset{+}{\log}|f(re^{i\tau+\varphi})|\, d\tau,$$

et des inégalités entre les valeurs de ces fonctions pour φ, φ', φ'' si $\varphi' < \varphi < \varphi''$, $\varphi'' - \varphi' = \pi$. Une transformation de la forme

$$Z = z^\beta e^{i\gamma}$$

ramène à ce cas celui d'une fonction d'ordre fini quelconque. Si $\rho(r)$ est un ordre précisé L d'une telle fonction $f(z)$ et si l'on pose

$$h(\varphi, \alpha) = \overline{\lim_{r=\infty}} \frac{\mu(r, \varphi, \alpha)}{r^{\rho(r)}}, \qquad \mathrm{H}(\varphi, \alpha) = \overline{\lim_{r=\infty}} \frac{m(r, \varphi, \alpha)}{r^{\rho(r)}},$$

---

(1) *Acta Societatis scientiarum Fennicae*, 50, XII, 1925, Satz 1 p. 31.

(2) *Journal de Mathématiques*, 10, 1931, p. 457. Les résultats du Chapitre II peuvent se généraliser dans l'ordre d'idées de la présente Note.

on a

$$\begin{vmatrix} h(\varphi, \alpha) & \cos\rho\varphi & \sin\rho\varphi \\ h(\varphi', \alpha) & \cos\rho\varphi' & \sin\rho\varphi' \\ h(\varphi'', \alpha) & \cos\rho\varphi'' & \sin\rho\varphi'' \end{vmatrix} \leqq 0,$$

si $\varphi' < \varphi < \varphi''$, $\varphi'' - \varphi' < \pi/\rho$ $[\rho = \lim \rho(r)]$ et un résultat analogue pour $H(\varphi, \alpha)$. C'est-à-dire que :

II. *Les fonctions de* φ : $h(\varphi, \alpha)$, $\overset{+}{h}(\varphi, \alpha)$, $H(\varphi, \alpha)$ *sont sous-trigonométriques d'ordre* ρ.

Elles jouissent des propriétés démontrées par MM. Lindelöf, Phragmén et Pólya, propriétés qui se déduisent aisément de celles des fonctions convexes ([1]).

Pour $\alpha = 0$, $h(\varphi, 0)$ est la fonction $h(\varphi)$ de Lindelöf et Phragmén, $H(\varphi, 0)$ est $\overset{+}{h}(\varphi)$. On a évidemment

$$(2) \qquad h(\varphi, \alpha) \leqq \frac{1}{2\alpha} \int_{-\alpha}^{+\alpha} h(\varphi + \tau)\, d\tau;$$

donc

$$\overline{\lim_{\alpha=0}}\, h(\varphi, \alpha) \leqq h(\varphi).$$

Si, dans un angle $\varphi_0 < \varphi < \varphi_1$, le nombre des zéros de $f(z)$ dont le module est inférieur à r est égal à $o(r^{\rho(r)})$, l'étude du quotient $f(z')/f(z)$ montre que, à l'intérieur de cet angle, $h(\varphi, \alpha)$ tend vers une limite lorsque α tend vers zéro; on a

$$(3) \qquad \lim_{\alpha=0} h(\varphi, \alpha) = h(\varphi).$$

Des résultats analogues relatifs à $H(\varphi, \alpha)$, on déduit en particulier que :

III. *On a certainement*

$$\lim_{\alpha=0} H(\varphi, \alpha) = H(\varphi)$$

pour toute direction φ *qui n'est ni direction de Borel d'espèce maximum, ni direction limite de telles directions.*

Pour les fonctions simples (3) a lieu pour tous les φ et (2) devient une égalité et l'on a des résultats analogues avec $H(\varphi)$.

([1]) Voir mon Mémoire du *Bull. Soc. math.*, 60, 1932, p. 278.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Régimes transitoires dans un ajutage cylindrique renfermant un obstacle* [1]. Note de MM. E. Crausse et J. Baubiac, présentée par M. H. Villat.

L'ouvrage employé est celui décrit précédemment [2]. L'obstacle utilisé tout d'abord est une palette tronconique parfaitement centrée. Les diamètres des bases sont 5 et 4cm,1 et son épaisseur 0cm,4, la grande base étant tournée vers le haut. Les phénomènes sont étudiés dans un plan méridien, le liquide employé est de l'huile ($\nu = 4,51$ C. G. S. à 9° C.).

1° *Étude de la succession des phénomènes à l'aval de l'obstacle.* — L'ouverture du robinet étant telle qu'en régime permanent l'écoulement présente l'aspect des courbes $\alpha\beta$, produisons une ouverture brusque; les lignes de courant contournent l'obstacle (*fig.* 1) mais peu après les particules liquides situées immédiatement à l'aval remontent vers l'obstacle (*fig.* 2). Ce mouvement correspond au début de la formation des courbes $\alpha\beta$. La rétrogradation se manifeste également dans le régime transitoire qui aboutit au régime des tourbillons alternés et aux surfaces de discontinuité [2].

2° *Étude des régimes transitoires à l'amont et à l'aval pour les durées d'ouverture variables.* — Pour une durée d'ouverture déterminée, nous étudions la variation en fonction du temps de la vitesse en deux points A et B situés sur l'axe de l'ajutage, le premier en amont de la plaque et le second à l'aval (*fig.* 3). Si le point B est compris entre l'obstacle et la position limite du point β, on remarque que la vitesse en B ayant d'abord le même sens qu'en A passe par un maximum, décroît et change de signe pour tendre vers une valeur constante; l'instant où elle passe par une valeur nulle est évidemment celui qui correspond au passage en B du point β. Comme dans le cas où l'ajutage ne renferme pas d'obstacle, les durées d'ouverture, à condition qu'elles soient assez courtes, n'ont pas d'influence sur la loi d'établissement de la vitesse aux points A et B.

3° *Comparaison des courbes $\alpha\beta$ en régime permanent et en régime transitoire.* — Pour le régime permanent, traçons la courbe de la distance d du point β à la plaque en fonction de la vitesse en A; nous obtenons un segment de droite. Traçons ensuite une courbe analogue mais correspondant a diverses phases d'un régime transitoire déterminé. Celle-ci se rapproche de plus en plus de la première à mesure que la vitesse en A augmente (*fig.* 4), pour la rejoindre en P′ lorsque le régime permanent est établi. Ceci indique l'existence d'un certain retard dans le développement des courbes $\alpha\beta$ en régime transitoire; ce retard très net au début du régime transitoire va ensuite en diminuant tout en conservant une valeur appréciable, il semble même se

[1] E. Crausse et J. Baubiac, *Comptes rendus*, 196, 1933, p 466 et 602.

[2] C. Camichel, *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 666.

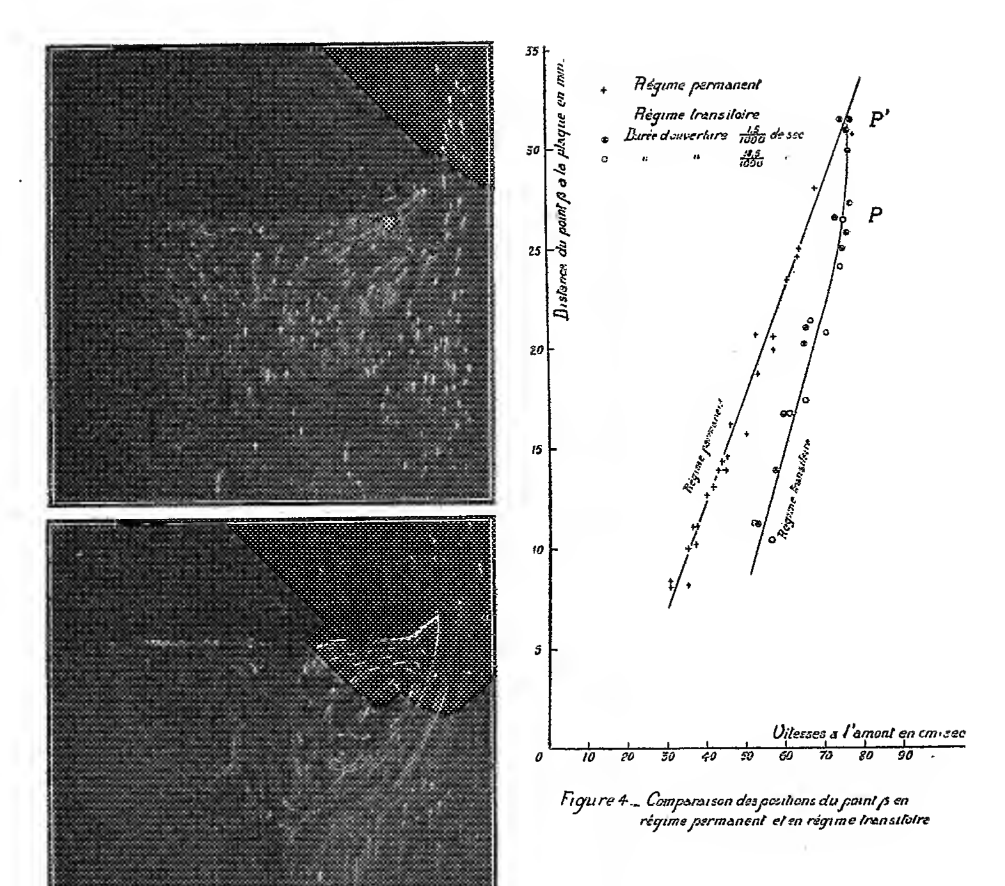


Figure 4. — Comparaison des positions du point ρ en régime permanent et en régime transitoire

Fig. 1. — Période immédiatement consécutive à l'ouverture.

Fig. 2. — Rétrogradation.

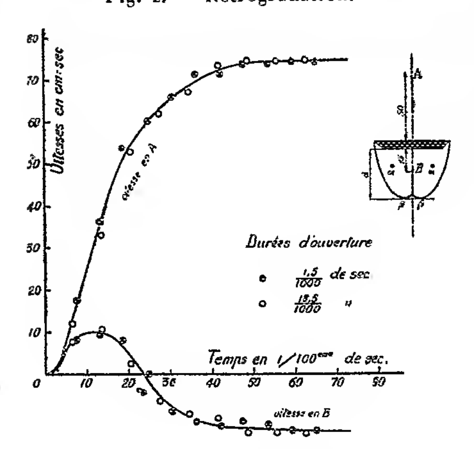


Figure 3. Etablissement de la vitesse à l'amont et à l'aval d'un obstacle placé dans un ajutage de 80 mm de diamètre

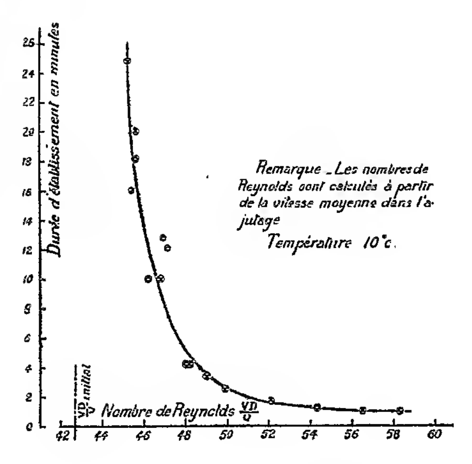


Figure 5. Durée de formation des tourbillons alternes derrière un obstacle de 5,9 mm. placé dans un ajutage de 150 mm de diamètre

maintenir un certain temps après que le régime permanent en A est établi (portion PP′ de la courbe).

4° *Étude de la durée d'établissement des tourbillons alternés derrière un obstacle.* — MM. P. Dupin et M. Teissié Solier (¹) ont montré que si l'on part d'un régime permanent correspondant à un nombre de Reynolds légèrement inférieur au criterium des tourbillons alternés, une petite augmentation de la vitesse provoque une production de ceux-ci qui parfois peut être très lente. Nous nous sommes proposé d'étudier ce phénomène d'une façon plus approfondie. L'obstacle est constitué par un cylindre droit à base circulaire de $0^{cm},58$ de diamètre; il est placé dans un ajutage de 15^{cm} de diamètre; la vitesse de l'eau dans cet ajutage est réglée de façon à réaliser un nombre de Reynolds $R = 42,7$ par exemple. Le sillage est observé par injection d'une solution colorée.

Au débit ainsi réalisé, on ajoute un débit supplémentaire correspondant à un accroissement ΔR du nombre de Reynolds et l'on détermine la durée d'établissement T du régime permanent dans le sillage de l'obstacle. On construit la courbe $T(R + \Delta R)$ (*fig.* 5). La durée T augmente quand $R + \Delta R$ diminue. Elle devient très grande quand $R + \Delta R$ tend vers le criterium des tourbillons alternés.

Ce résultat peut être rapproché de celui que nous avons déjà indiqué pour l'établissement du régime permanent des vitesses (²).

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Mesures des caractéristiques aérodynamiques des ailes supérieures et inférieures de 125 biplans en courant plan.* Note de MM. **Albert Toussaint** et **Henry Giberd**, présentée par M. Henri Villat.

L'étude systématique sur les biplans (³) avait permis de mettre en évidence les divergences importantes existant entre les caractéristiques aérodynamiques des deux ailes d'un biplan d'envergure limitée et en particulier l'existence de résistances négatives pour l'aile inférieure du biplan droit d'entreplan 1/2.

La complexité des résultats obtenus et l'absence de toute vérification expérimentales des théories mathématiques sur le biplan d'envergure infinie nous ont conduit à entreprendre l'étude en soufflerie du biplan d'envergure infinie.

Dans une précédente Note (⁴), l'un d'entre nous a montré qu'il était

(¹) P. Dupin et M. Teissié Solier. *Les tourbillons alternés et les régimes d'écoulement d'un fluide autour d'un obstacle* (Gauthier-Villars, éditeur, Paris, 1928).

(²) E. Crausse et J. Baubiac, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 602.

(³) A. Toussaint, *Bulletin technique de l'Aéronautique*, 4, mars 1923, p. 30.

(⁴) H. Girerd, *Comptes rendus*, 196, 1932, p. 731.

possible de mesurer les caractéristiques aérodynamiques d'une aile monoplane en courant plan.

Nous avons depuis vérifié que le dispositif expérimental utilisé pour le monoplan permettait d'obtenir des caractéristiques indépendantes de l'allongement géométrique du modèle expérimenté en présence d'une autre aile. Ceci nous a conduit à admettre que nous avions réalisé l'allongement infini expérimental aussi bien pour le biplan que pour le monoplan.

Nous ne voulons, dans la présente Note, que signaler les principaux résultats obtenus dans l'étude systématique de 125 biplans, différents entre eux par le décalage, l'entreplan et l'interinclinaison.

Les deux profils utilisés sont semblables (profil théorique Joukowski de 14 pour 100 d'épaisseur et de 5 pour 100 de courbure, dit 430 Göttingen) réalisés en magnésium forgé et raboté, donc comparables à eux-mêmes dans le temps et conformes au tracé théorique à moins de $0^{mm},02$ près pour une corde de 200^{mm}.

Nous avons, pour un biplan défini par son entreplan, son interinclinaison et son décalage, fait tourner les deux ailes autour de leur bord d'attaque, ce qui conduit à une cellule déformée en fonction des incidences, mais présente une très grande simplification expérimentale.

Les résultats ainsi obtenus permettent d'ailleurs par le tracé de courbes d'interpolation convenables d'obtenir les caractéristiques aérodynamiques d'un biplan indéformable quelconque construit avec les mêmes profils.

Il faut remarquer les auto-propulsions ou résistances négatives qui existent, pour l'aile inférieure aux faibles portances pour les décalages 0, $-1/2$, -1 et pour l'aile supérieure aux grandes portances aux décalages 0, $+1/2$ et $+1$; ainsi que les très grandes portances de l'aile supérieure aux décalages $+1/2$ et $+1$, et ceci pour des entreplans variant de $1/3$ à $3/2$.

A notre connaissance aucune théorie mathématique ne permet d'expliquer ces résultats dès que l'entreplan est égal ou inférieur à 1.

Les tableaux ci-après donnent à titre d'exemple les coefficients unitaires des ailes supérieures et inférieures du biplan d'entreplan $1/3$, de décalage 0 et d'interinclinaison 0 :

Aile supérieure.			Aile inférieure.		
α.	100 C_z.	100 C_x.	α.	100 C_z.	100 C_x.
−11°,8....	−73,7	+15,6	−11°,8....	+15,7	−8,67
−9,8....	−53,5	+12,4	−9,8....	31	−7,40
−7,5....	−35,5	+9,14	−7,5....	47	−5,45
−3,7....	−7,4	+5,9	−5,4....	59,5	−3,73
−0,6....	+20,2	+3,11	−2,4....	82,7	−0,85
+2,4....	+44	+0,68	−0,1....	106,5	+1,9
+5,6....	68	−1,44	+3,3....	122	+5,17
+8,5....	77	−2,42	+5,6....	138	+8,3
+11,4....	82	−3,8	+8,5....	138	+11,3

Les tableaux suivants donnent les coefficients unitaires des ailes supérieures et inférieures du biplan d'entreplan 3/2, de décalage o et d'interinclinaison o :

Aile supérieure.			Aile inférieure.		
α.	100 C_z.	100 C_x.	α.	100 C_z.	100 C_x.
−12°,9....	−54	+7,5	−12°,8....	−29,8	−0,24
−9,9....	−28,4	+4,55	−9,8....	−3,02	−0,49
−6,8....	−1,28	+3,4	−6,8....	+24,6	−0,15
−3,7....	+31,9	+2,36	−3,7....	+49,5	+0,52
−0,4....	+61,6	+2,15	−0,4....	+71	+1,31
+2,35...	+95,4	+2,11	+2,35...	91,5	+2,24
+5,4....	127	+2,41	+5,4....	109	+3,65
+8,3....	151	+3,42	+8,45...	121	+5,45
+11,5....	150	+5,97	+11,5....	138	+9,55

Enfin les derniers tableaux donnent les mêmes coefficients dans le cas d'entreplan 1, toujours pour le décalage o et l'interinclinaison o :

Aile supérieure			Aile inférieure.		
α.	100 C_z.	100 C_x.	α.	100 C_z.	100 C_x.
−12°,9.....	−51	4,78	−12°,85....	−23,6	12,8
−9,8.....	−20,7	2,67	−9,75....	−13,3	0,99
−6,8.....	+8,75	2,01	−6,8.....	+17,2	0,81
−3,7.....	42,2	1,75	−3,75....	45,3	1,11
−0,7.....	75,5	1,88	−0,65....	70,5	1,56
+2,23....	111	2,2	+2,4.....	93	2,64
+5,45....	143,3	3,2	+5,37....	110	3,45
+8,40....	164,5	4,27	+8,53....	127	5,93
+11,45....	166,5	8,05	+11,45....	141	10,46

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la détermination des mouvements d'un fluide autour d'une cavitation.* Note de M. **Henri Poncin**, présentée par M. Henri Villat.

Nous nous proposons de déterminer, sans hypothèse préalable sur le champ des vitesses, les mouvements irrotationnels d'un fluide imcompressible où se déplace une cavitation cylindrique de forme déterminée. Ce problème se pose de façon naturelle dans la théorie des cavitations : en effet, la simple vue de l'aspect extérieur d'un tel mouvement nous renseigne à chaque instant sur les frontières du domaine fluide mais ne nous apprend rien sur la variation possible des lignes de courant intérieures.

Chacun des mouvements étudiés sera considéré comme résultant de la composition d'un mouvement sans déformation $\mathcal{M}_e$ défini par le vecteur rotation $\vec{\omega}(t)$ et d'un mouvement $\mathcal{M}_r$ défini par un champ de vitesses à divergence nulle :

$$\vec{V}(M, t) = \overrightarrow{\mathrm{grad}}\,\psi(M, t) \wedge \vec{z}. \tag{1}$$

Dans le domaine D, limité intérieurement par la surface cavitationnelle L et extérieurement par la surface solide S, la fonction de courant est définie à l'instant t par l'expression :

$$\psi(M, t) = \frac{q(t)}{2\pi} \int_{\circlearrowleft S} \frac{\partial G}{\partial S_2}(M, M')\, dS_1(M') - \frac{\omega(t)}{\pi} \iint_D G(M, M')\, d\sigma(M'). \tag{2}$$

où $G(M, M')$ désigne la fonction de Green du domaine D, $\vec{S_1}$ le vecteur unitaire tangent et $\overrightarrow{S_2}$ le vecteur unitaire normal à S.

L'équation de pression conduit à une condition entre les fonctions du temps et les fonctions du point M qui figurent dans l'expression de ψ et ceci entraîne l'existence de deux groupes de relations relatifs, le premier aux fonctions de t, le second aux fonctions de M. Le premier groupe constitue un système de relations différentielles d'ordre un, le second un système d'équations intégrales relatives à la fonction de Green du domaine D.

Pour étudier la compatibilité des équations intégrales du second groupe nous admettrons d'abord l'existence d'une transformation (T), qui permet de représenter de façon conforme le domaine doublement connexe (D) sur le rectangle $(0,\ 1,\ \tau/2)$ d'un plan auxiliaire Z, considéré de façon

telle que deux points congrus (mod 1) ne sont pas distincts. Cette transformation permet de remplacer les équations intégrales par un système constitué par deux équations de première espèce :

$$\int_0^1 \zeta_3(u - X|\tau)\, dL.Q(u) = F_1(U, X), \tag{3}$$

$$\int_0^1 \zeta_3(u - X|\tau)\, dQ^2(u) \quad = F_2(U, X) \tag{4}$$

et par une équation différentielle algébrique (5) en U et X, dont l'intégration permettrait de déterminer explicitement les seconds membres des équations (3) et (4). Ces équations intégrales peuvent être résolues d'une manière indirecte, qui permet d'écrire une condition de compatibilité distincte de l'équation (5). L'étude qualitative de ces relations conduit en général à des résultats contradictoires, ce qui exclut en particulier la possibilité d'une représentation (T). Les démonstrations reposent sur la considération des expressions intégrales, dont on peut déterminer *a priori* la forme analytique.

Le seul cas où le problème est analytiquement possible est celui où les fonctions $q(t)$ et $\omega(t)$ sont proportionnelles. Les équations (3), (4), (5) se réduisent alors à une seule et il reste une fonction arbitraire qui permet de caractériser soit la forme de la cavitation, soit la forme de la surface S. Dans ces conditions le vecteur $\vec{\omega}(t)$ est constant (mouvements périodiques) ou inversement proportionnel au temps (mouvements amortis). Les mouvements correspondants du fluide font partie d'un groupe de mouvements que j'ai étudiés dans un Mémoire récent [1], où j'ai déterminé les différents éléments du champ des vitesses, la répartition des pressions et la nature des lignes (S) associées à une ligne (L) donnée.

Il résulte, de ce qui précède, que l'aspect extérieur d'un mouvement, tel que celui que nous avons considéré, le détermine entièrement. Cette étude permet, en outre, de déterminer le mouvement initial dont il faut animer une masse fluide et le mouvement d'entraînement ultérieur dont il faut animer les surfaces solides qui la limitent pour pouvoir y stabiliser une cavitation cylindrique.

---

[1] *Public. scientif. et techniques du Ministère de l'Air* (*Service des Recherches de l'Aéronautique*, n° 18 : *Sur les cavitations de forme permanente*, 1932, p. 1).

ÉLECTRONIQUE. — *Sur les trajectoires des électrons dans un champ magnétique longitudinal.* Note de M. **B. Kwal**, présentée par M. M. de Broglie.

Un faisceau de rayons cathodiques, traversant une région où règne un champ magnétique longitudinal, présente des concentrations et des dilatations périodiques. J. Thibaud a trouvé, en dehors de ces faisceaux à section périodiquement variable, de véritables faisceaux filiformes, faisceaux dont le diamètre reste constant sur une longueur assez grande et dont l'état filiforme présente une persistance toute particulière ([1]). Une théorie de la concentration des électrons par le champ magnétique a été donnée par H. Busch ([2]), dans le cas où les trajectoires électroniques rencontrent l'axe de symétrie du champ. Il est possible de développer la théorie sans cette restriction; on est alors conduit tout naturellement à l'existence des faisceaux filiformes qui s'introduisent comme un cas particulier des faisceaux à section périodiquement variable.

En l'absence du champ électrique, l'expression de la force lorentzienne se réduit à

$$\vec{F} = m\vec{\gamma} = e[\vec{v}\,H]. \tag{1}$$

Supposons que le champ magnétique soit homogène et dirigé suivant l'axe Oz; les équations de propagation des électrons, écrites dans le système des coordonnées cylindriques (r, φ, z), sont alors

$$\frac{m}{e}\gamma_r = \frac{m}{e}(\ddot{r} - r\dot{\varphi}^2) = r\dot{\varphi}H, \tag{2'}$$

$$\frac{m}{e}\gamma_\varphi = \frac{m}{e}(\lambda\ddot{\varphi} + 2\dot{r}\dot{\varphi}) = -\dot{r}H, \tag{2''}$$

$$\frac{m}{e}\gamma_z = \frac{m}{e}\ddot{z} = 0. \tag{2'''}$$

L'équation (2″) s'intègre immédiatement et donne

$$\dot{\varphi} = -\frac{1}{2}\frac{e}{m}H + \frac{e}{m}\frac{\alpha}{r^2}. \tag{3}$$

([1]) J. Thibaud, *J. de Physique*, 10, 1929, p. 161-176.

([2]) H. Busch, *Ann. der Physik*, 81, 1926, p. 974-993; *Archiv f. Elektrotechnik*, 18, 1927, p. 583-594.

En remplaçant dans (2′) $\dot\varphi$ par cette expression, on obtient

$$\ddot r = \frac{e^2}{m^2} r \left[\frac{\alpha^2}{r^4} - \frac{1}{4} H^2\right], \tag{4}$$

dont l'intégration donne

$$r^2 = \frac{2\gamma^2}{\omega^2} + \left(r_0^2 - \frac{2\gamma^2}{\omega^2}\right)\cos\omega(t-t_0) \pm \frac{2}{\omega}\sqrt{-\frac{1}{4}\omega^2 r_0^4 + \gamma^2 r_0^2 - \beta^2}\,\sin\omega(t-t_0); \tag{5}$$

en posant

$$\omega = \frac{e}{m} H, \qquad \beta = \frac{e}{m}\alpha.$$

γ est une constante d'intégration définie par

$$\gamma^2 = \dot r_0^2 + \frac{\beta^2}{r_0^2} + \frac{1}{4}\omega^2 r_0^2.$$

On voit donc que la section d'un faisceau cathodique, qui se propage dans l'espace où règne un champ magnétique longitudinal et homogène, est périodiquement variable entre deux valeurs extrêmes :

$$\sqrt{\frac{2\gamma^2}{\omega^2} - 2\sqrt{\frac{\gamma^4}{\omega^4} - \frac{\beta^2}{\omega^2}}} \qquad \text{et} \qquad \sqrt{\frac{2\gamma^2}{\omega^2} + 2\sqrt{\frac{\gamma^4}{\omega^4} - \frac{\beta^2}{\omega^2}}}.$$

La section du faisceau reste constante au cours du temps (faisceau *filiforme*), si $\gamma^2 = \pm\beta\omega$, c'est-à-dire si à l'instant initial on a

$$\dot r_0^2 + \frac{\beta^2}{r_0^2} + \frac{1}{4}\omega^2 r_0^2 = \pm\beta\omega, \qquad \text{d'où} \qquad \dot r_0^2 = -\left(\frac{1}{2}\omega r_0 \mp \frac{\beta}{r_0}\right)^2.$$

Cette dernière relation n'est satisfaite que si l'on a en même temps

$$\dot r = 0 \qquad \text{et} \qquad \frac{1}{2}\omega r_0 = \pm\frac{\beta}{r_0}.$$

Suivant les conditions initiales, on a donc deux cas à envisager :

1° $\alpha = r_0^2/2H$, l'équation (3) donne

$$\dot\varphi_0 = 0, \qquad \text{d'où} \qquad \varphi = \varphi_0,$$

c'est un faisceau rectiligne d'électrons parallèles.

2° $\alpha = -r_0^2/2H$, on a

$$\dot\varphi = -\omega, \qquad \text{d'où} \qquad \varphi = -\omega t + \varphi_0,$$

les électrons sont enroulés suivant une hélice sur un cylindre de rayon r_0.

Le premier cas est réalisé, si à l'instant initial les électrons sont déjà parallèles à la direction du champ; le second, si à l'instant initial

$$\dot{r}_0 = 0 \quad \text{et} \quad \dot{\varphi}_0 \neq 0.$$

Il peut donc exister théoriquement deux sortes de faisceaux filiformes, les faisceaux *rectilignes* et les faisceaux *hélicoïdaux*. Ces derniers sont à rapprocher des faisceaux magnéto-cathodiques, connus depuis les travaux de Broca, Villard et Gouy.

Quant à la persistance de ces faisceaux filiformes, elle semble être due à leur forme géométrique particulière et s'explique de la même manière que la persistance des tourbillons rectilignes et hélicoïdaux que l'on rencontre en hydrodynamique.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *L'action du champ magnétique sur les raies d'absorption de* I_2. Note de M. **I. I. Agarbiceanu**, présentée par M. A. Cotton.

La rotation magnétique, trouvée par Wood (1) au voisinage des raies d'absorption de la vapeur de I_2, a été attribuée par Kemble (2) aux petits moments magnétiques développés par la rotation de la molécule à l'état normal ${}^1\Sigma_g^+$. Cet effet ne nous renseignerait donc pas sur la nature de l'état électronique supérieur ${}^3\Pi_0$. Van Vleck (3) a montré récemment de quelle manière le champ magnétique agit sur les composantes O^+ et O^- de ${}^3\Pi_0$. Il a donné ainsi une base théorique à l'hypothèse de prédissociation magnétique (4) dans la molécule excitée de I_2. L'action destructrice du champ magnétique sur la fluorescence trouve par là une explication. La présence du champ rend possible une interaction entre les composantes O^+ stable et O^- instable de l'état ${}^3\Pi_0$. Il en résulte que les propriétés des états considérés tendent en quelque sorte à se rapprocher. L'état stable partage partiellement l'instabilité de l'état instable et réciproquement.

Nous avons pensé que cette manière de voir se prêterait à la vérification expérimentale directe suivante : les raies qui lient le niveau ${}^3\Pi_0^+$ au niveau normal ${}^1\Sigma_g^+$ en dehors du champ devraient en présence du champ s'élargir par suite de l'action du niveau instable ${}^3\Pi_0^-$ sur ${}^3\Pi_0^+$. Sur les raies d'émission une telle expérience soulève des difficultés pratiques insurmontables à cause

(1) R. W. Wood, *Phil. Mag.*, 12, 1906, p. 329; *Researches*, 2, p. 85-94.
(2) E. C. Kemble, *Molecular Spectra in Gases*, p. 347 (*National Research Council*).
(3) J. H. Van Vleck, *Phys. Rev.*, 40, 1932, p. 544.
(4) L. A. Turner, *Zeits. f. Phys.*, 65, 1930, p. 473.

de la faible intensité de la lumière de fluorescence et de la nécessité d'utiliser des appareils de très grande dispersion. Si l'on opère par absorption l'état $^3\Pi_0^-$ ne pourrait être atteint à cause des règles de sélection. Mais le champ magnétique attribue, au moins partiellement, la propriété d'instabilité de cet état à l'état $^3\Pi_0^+$, le niveau final dans l'absorption de I_2. On doit donc remarquer un élargissement des raies d'absorption dans le champ.

Pour voir s'il en était ainsi, nous avons utilisé le spectrographe à échelons décrit brièvement ailleurs [1]. L'intensité du champ magnétique était d'environ 14 000 gauss. Les observations ont été faites normalement au champ. Elles se rapportent surtout aux raies d'absorption désignées par 3 et 4 par Wood qui se détachent sur le fond continu de la raie verte d'un arc à mercure en quartz. [Pour les râies que nous avons signalées [1] sur le fond des

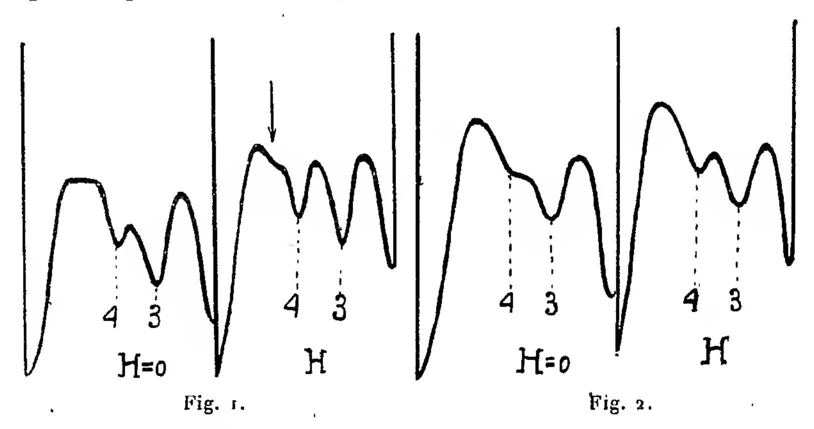


Fig. 1. Fig. 2.

raies jaunes de Hg, les indications semblent être dans le même sens.] La figure 1 représente le microphotogramme d'un cliché pris dans les conditions suivantes : le ballon renfermant la vapeur d'iode à faible densité était porté à 90° C. On photographiait d'abord le spectre avec le champ, ensuite pour la même température et le même temps de pose (envirou 10 secondes) en l'absence du champ. Sur ce cliché (comme sur les autres obtenus dans les mêmes conditions), on peut faire les remarques suivantes : 1° les raies sont plus fines et plus nettes en présence du champ magnétique; 2° on observe une légère absorption supplémentaire dans le champ magnétique à l'endroit indiqué sur la figure par une flèche. La finesse des raies constatée en présence du champ est due surtout au rétrécissement de la raie 3 du côté grandes longueurs d'onde et de la raie 4 du côté petites longueurs d'onde,

(1) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 166.

ce qui fait apparaître le fond continu de la source, compris entre les raies 3 et 4, plus large et plus intense avec le champ que sans le champ. La légère absorption supplémentaire indiquée par la flèche pourrait s'expliquer peut-être par une faible instabilité de l'état excité, mais on doit se demander pour quelle raison le même phénomène n'a pas lieu pour la raie 3. Indépendamment de toute interprétation théorique, l'action du champ sur la fluorescence semble liée, en partie au moins, à cette action sur l'absorption qui nous paraît dès à présent nettement établie.

La figure 2 représente le microphotogramme d'un cliché pris dans les conditions suivantes : dans un ballon à I_2 vidé, on introduisait de l'oxygène jusqu'au moment où la raie 4, qui est plus faible que 3, disparaissait presque complètement ([1]).

Le ballon était porté à 86°C. La présence du champ produisait alors la réapparition partielle de la raie 4, comme l'indique le microphotogramme. Il est intéressant de rapprocher ce fait du rétrécissement constaté plus haut.

En somme, il semble que l'action de O_2 et l'action du champ magnétique s'exercent ici dans des sens opposés. La première introduit une certaine indétermination dans la position des niveaux de rotation de la molécule; ce fait se traduit par des raies larges et floues ([2]). La seconde semble enlever partiellement l'indétermination par la direction prévilégiée qu'elle crée dans l'espace et par rapport à laquelle les petits moments magnétiques produits par la rotation de la molécule peuvent s'orienter.

Nous espérons reprendre ces expériences avec des champs plus intenses.

POLARIMÉTRIE. — *Perfectionnement du polarimètre photo-électrique; dispersion rotatoire du saccharose dans l'ultraviolet.* Note de MM. **G. Bruhat** et **A. Guinier**, présentée par M. A. Cotton.

Nous avons amélioré et rendu utilisable jusqu'à la radiation $\lambda = 2481$ A du mercure l'appareil récemment décrit par l'un de nous ([3]), dans lequel le pointé polarimétrique s'effectue en observant la variation de courant qui se produit lorsqu'on substitue l'un à l'autre sur la cellule les deux faisceaux qui correspondent aux deux plages d'un appareil à pénombre. Nous avons augmenté l'amplification du courant photo-électrique en portant à

([1]) *Loc. cit.*

([2]) L'action des gaz étrangers est très complexe; voir H. Margenau, *Phys. Rev.*, 40, 1932, p. 387, et V. Weisskopf, *Phys. Zeits.*, 34, 1933, p. 1.

([3]) G. Bruhat et P. Chatelain, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 370.

$1,6.10^{10}$ ohm la valeur de la résistance d'entrée; cette augmentation a été rendue possible par l'emploi d'une lampe électromètre Philips dont la résistance de grille est de l'ordre de 10^{14} ohms lorsque son potentiel de grille est négatif. Le courant de plaque de la seconde lampe (Philips B 405) varie de 1 microampère pour un courant photo-électrique de 6.10^{-14} ampère, et cette variation, mesurée avec un galvanomètre balistique par l'intermédiaire d'un transformateur, donne une déviation d'environ 5^{mm}.

L'augmentation de la sensibilité nous a conduits à employer des angles de pénombre très inférieurs à 90°; nous réalisons des angles de pénombre croissant de 16° pour $\lambda = 4358$ A à 60° pour $\lambda = 2537$ A en interposant sur le faisceau, immédiatement avant le glazebrook analyseur, l'une ou l'autre de deux lames de quartz perpendiculaire, l'une droite et l'autre gauche, ayant une épaisseur de $0^{mm},2$. Les deux faisceaux à comparer sont obtenus par substitution d'une des lames à l'autre; la constante de temps de l'amplificateur étant de l'ordre de 2 secondes, cette substitution n'a pas besoin d'être très rapide. Comme elle ne modifie en rien la définition géométrique du faisceau, toutes les difficultés d'optique géométrique ont disparu, et le montage a pu être simplifié : le polarimètre ne comporte qu'un objectif (quartz-fluorine), placé avant le polariseur, qui donne une image du trou de sortie du monochromateur double sur le diaphragme de l'analyseur, et la cellule est placée immédiatement derrière l'analyseur.

La source étant une lampe Gallois à grand éclat, la cellule une cellule Pressler quartz-sodium, et l'analyseur étant écarté d'une minute de la position d'égalité, la substitution d'un des faisceaux à l'autre donne au balistique des déviations dont l'ordre de grandeur est :

λ(Å).............	5461.	4358.	3656.	3341.	3128.	3021.	2804.	2657.	2537.
δ(mm)..........	1,2	8	25	11	20	15	2	2	1,3

De 4358 *à* 3821 Å, *la précision des pointés n'est limitée que par les fluctuations de la brillance de l'arc et est de l'ordre de la demi-minute; pour les autres raies, elle est de l'ordre de la minute.* Nous avons vérifié que la fidélité est du même ordre, en faisant varier les conditions de définition du faisceau par diaphragmation entre les glazebrooks, par interposition d'un tube d'eau fermé par des lames de verre corex, et par rotation du polariseur.

Nous avons utilisé notre appareil à la détermination de la dispersion rotatoire du saccharose dans l'ultraviolet; nous avons fait sept séries de mesures, en faisant varier la concentration de la solution, la longueur du tube polarimétrique et la nature des glaces de fermeture (quartz cristallisé,

silice fondue ou corex); la position du centre de gravité optique des radiations utilisées a été déterminée chaque fois par la mesure de la rotation d'une lame de quartz. Le détail de ces mesures sera publié dans un autre Recueil; nous dirons seulement, pour permettre de juger de la fidélité de l'appareil que, lorsqu'une même solution a donné lieu à des mesures dans différentes séries, les rotations obtenues, ramenées à la même longueur et à la même température, ont toujours coïncidé à 1 ou 2 minutes près lorsqu'elles étaient inférieures à 10°, tandis que le plus grand écart observé a été un écart de 9 minutes sur une rotation de 120°, écart à peine supérieur en valeur relative à 1/1000e.

Dans chaque série de mesures, nous avons formé les rapports des rotations observées pour les diverses radiations à la rotation observée pour $\lambda = 4358$ A, et nous avons calculé les pouvoirs rotatoires en admettant pour cette dernière radiation la valeur $[\alpha] = 128°,37$ donnée par Lowry [1]. Les moyennes des valeurs obtenues sont les nombres $[\alpha]_0$ du tableau ci-dessous; nous estimons que l'erreur possible sur des moyennes ne dépasse pas 1/1000e pour les longueurs d'onde supérieures à 3000 A, 1/500e de 2965 A à 2537 A, et 1/100e pour 2481 A. Les nombres $[\alpha]_L$ et $[\alpha]_{BG}$ du tableau sont les nombres obtenus par les deux formules de dispersion :

$$[\alpha]_L = \frac{21,648}{\lambda^2 - 0,0213}, \qquad [\alpha]_{BG} = \frac{21,685}{\lambda^2 - 0,02078} + \frac{0,027}{\lambda^2 - 0,0590},$$

la première étant celle qu'a donnée Lowry, la seconde étant celle qui représente le mieux nos mesures.

λ....	5461.	4358.	4054.	3656.	3341.	3128.	3021.	2965.	2903.	2804.	2651.	2537.	2481.
$[\alpha]_0$......	78,30	128,37	151,3	192,5	239,3	282,0	308,3	324,5	342,0	377,4	440,4	502,6	541,0
$[\alpha]_L$......	78,18	128,37	151,4	192,8	239,7	282,9	309,2	325,5	343,6	377,8	442,1	502,2	537,1
$[\alpha]_{BG}$.....	78,25	128,42	151,3	192,5	239,2	282,1	308,5	324,2	342,6	376,7	440,5	502,6	541,2

Les écarts $[\alpha]_0 - [\alpha]_L$, supérieurs aux erreurs d'expérience, présentent une marche systématique. Au contraire, *les écarts* $[\alpha]_0 - [\alpha]_{BG}$ *sont inférieurs à* 1/1000e *jusqu'à* 2950 A, *à* 1/500e *au-dessous de* 2950 A. On peut considérer cet accord comme une confirmation du fait que *nos mesures photo-électriques ont atteint effectivement cette précision, supérieure à celle qu'a obtenue Servant* [2] *pour le même corps par la méthode photographique.*

---

[1] T. M. Lowry et E. M. Richards, *Journ. Chem. Soc. London*, 125, 1924, p. 2511.

[2] R. Servant, *Diplôme d'Études supérieures*, Paris, 1932, p. 7.

OPTIQUE. — *Sur les dispersions anomales de biréfringences magnétiques et électriques*. Note [1] de MM. **René Lucas** et **Marcel Schwob**, présentée par M. A. Cotton.

Nous avons signalé [2] les caractères anormaux de la dispersion de biréfringence magnétique des solutions de camphre [3]. Nous avons montré que ces caractères optiques étaient connexes des anomalies de pouvoir rotatoire et d'absorption dans l'ultraviolet.

Dans la présente Note nous indiquons les principaux résultats relatifs aux biréfringences magnétiques et électriques de la fenchone racémique et du phénylsuccinate d'éthyle racémique.

Les mesures de biréfringences magnétiques ont été faites avec le grand électro-aimant de l'Académie des Sciences; les mesures de biréfringence électrique à l'aide de la méthode stroboscopique décrite dans une autre Note [4].

Appelons b_J, b_V, b_I, les rapports des rotations de l'analyseur, lors des mesures de biréfringence magnétique du corps étudié (et pour les longueurs d'onde respectives $\lambda_J = 5780\,\text{Å}$, $\lambda_V = 5461\,\text{Å}$, $\lambda_I = 4358\,\text{Å}$) à la rotation lue pour le *nitrobenzène* et pour la longueur d'onde $\lambda = 5780\,\text{Å}$ (avec la même cuve et le même champ).

De même appelons a_J, a_V, a_I les rapports analogues (pour les biréfringences électriques) et en prenannt comme corps de référence le *sulfure de carbone* pour $\lambda = 5780\,\text{Å}$. Les résultats obtenus sont indiqués ci-dessous.

Fenchone racémique. — Biréfringence magnétique (tempér. $\theta = 16°,5$) :

$$b_J = +0,0096, \quad b_V = +0,0080, \quad b_I = +0,0072; \quad \text{dispersion } \frac{b_I}{b_J} = 0,75.$$

Biréfringence électrique ($\theta = 20°,5$) :

$$a_J = +1,98, \quad a_I = 2,56; \quad \text{dispersion } \frac{a_I}{a_J} = 1,30.$$

Phénylsuccinate d'éthyle racémique. — Biréfringence magnétique ($\theta = 18°$) :

$$b_J = +0,080, \quad a_V = +0,086, \quad b_I = +0,120; \quad \text{dispersion } \frac{b^I}{b_J} = 1,39.$$

---

[1] Séance du 6 mars 1933.

[2] R. Lucas et M. Schwob, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2296.

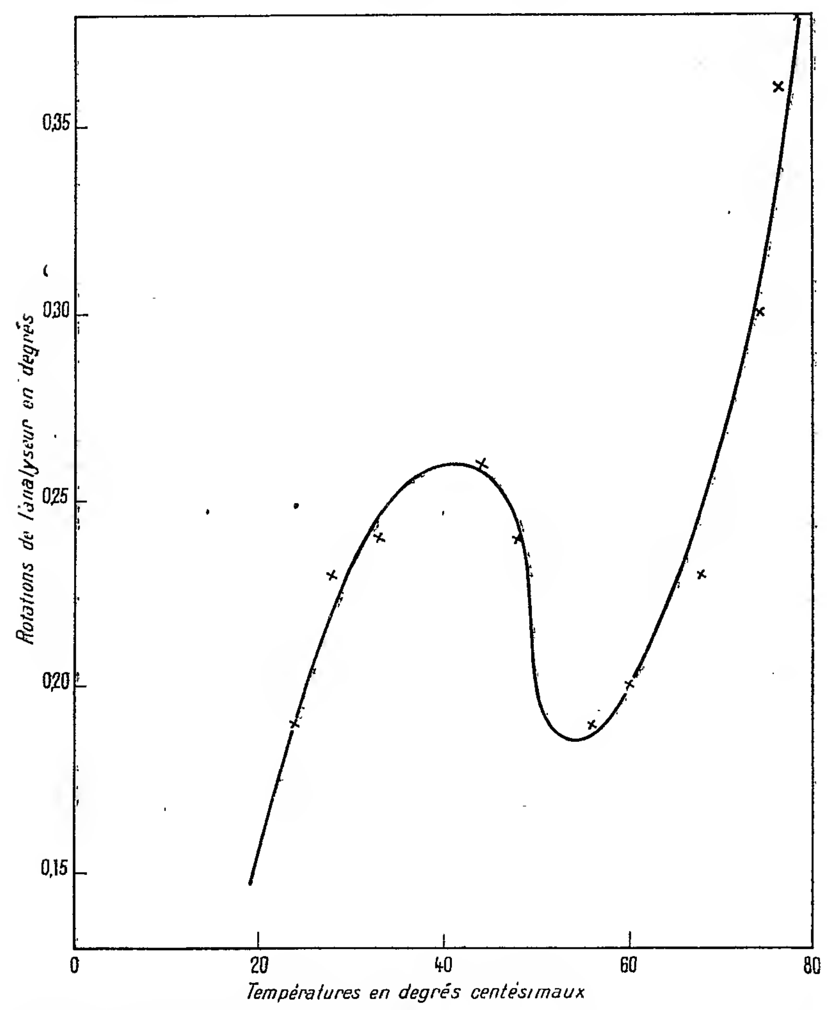
[3] M. de Malleman (*Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1534) avait signalé le caractère *normal* de la dispersion de biréfringence *électrique* de ce corps.

[4] R. Lucas et M. Schwob, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1729.

Biréfringence électrique ($\theta = 24°$) :

$$a_J = +0,12, \qquad a_I = +0,126; \qquad \text{dispersion } \frac{a_I}{a_J} = 1,05.$$

L'ensemble des valeurs numériques ci-dessus montre que la fenchone



Variation de la biréfringence électrique du phénylsuccinate d'éthyle avec la température.

présente une *biréfringence magnétique* positive, très petite de *dispersion anormale*, tandis que la *biréfringence électrique* du même corps est de *dispersion presque normale*.

Le phénylsuccinate d'éthyle racémique possède, au contraire, une *biréfringence magnétique* à *dispersion normale*, et une *biréfringence électrique* de *dispersion anormale*.

Dans les deux cas les dispersions anormales s'écartent beaucoup de celles prévues par la formule d'Havelock.

D'autre part, ainsi que nous l'avions indiqué (1), il était à prévoir, dans certains cas, l'existence d'écarts aux lois d'action de la température déduites des théories de Langevin et de Born-Debye.

Les variations de biréfringence électrique du phénylsuccinate d'éthyle avec la température confirment cette prévision. La courbe ci-contre traduit ces variations dans l'intervalle de température de 15 à 80° C. et pour $\lambda = 5780$ Å.

Les variations de biréfringence avec la température sont très grandes et ne suivent pas les lois habituelles.

L'ensemble de ces anomalies est complètement explicable par l'hypothèse de l'existence de *formes moléculaires différentes en équilibre*, ces formes possédant des constantes de Cotton-Mouton (fenchone) ou des constantes de Kerr (phénylsuccinate d'éthyle) de *signes contraires*.

Une hypothèse semblable a déjà permis d'expliquer les anomalies de pouvoir rotatoire de la fenchone (2) et du phénylsuccinate de méthyle (3).

ÉLECTROCHIMIE. — *Application de la théorie de Debye [formule de Gronwall, La Mer et Sandved* (4)] *aux solutions de sulfate de cuivre.* Note de Mlle **M. Quintin**, présentée par M. Jean Perrin.

Ayant déterminé la force électromotrice (f. e. m.) de la chaîne — Cu (amalg. 2 phases); SO^4Cu, c | SO^4Hg^2(sol.); Hg +, j'ai montré qu'il n'était pas possible d'utiliser la méthode d'extrapolation de Lewis pour déterminer le potentiel normal E_0 de cette pile (5).

On peut appliquer le procédé indiqué par Gronwall et La Mer. Soit E la f. e. m. de la pile corrigée pour la solubilité de SO^4Hg^2 :

$$E = E_0 - \frac{RT}{F} \operatorname{Log} cf, \tag{1}$$

f étant le coefficient d'activité de SO^4Cu.

(1) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2296.

(2) R. Lucas et D. Biquard, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 1077.

(3) R. Lucas et D. Biquard, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1805.

(4) *Physik. Z.*, 29, 1928, p. 358.

(5) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 473 et 538.

On calcule $\log f$, pour des valeurs arbitraires du rayon ionique a, par la formule théorique de Gronwall et La Mer,

$$(2) \qquad \operatorname{Log} f = -\frac{\varepsilon^2 z^2}{2\mathrm{DKT}a}\frac{x}{1+x} + \left(\frac{\varepsilon^2 z^2}{\mathrm{DKT}a}\right)^3\left[\frac{1}{2}\mathrm{X}_3(x) - 2\mathrm{Y}_3(x)\right] + \left(\frac{\varepsilon^2 z^2}{\mathrm{DKT}a}\right)^5\left[\frac{1}{2}\mathrm{X}_5(x) - 2\mathrm{Y}_5(x)\right]$$

$$\text{avec } x = a\sqrt{\frac{4\pi\mathrm{N}\varepsilon^2}{1000\,\mathrm{DKT}}\Sigma c z^2},$$

où N est le nombre d'Avogadro, ε la charge de l'électron, K la constante de Boltzmann, D la constante diélectrique, T la température absolue, z la valence identique pour chaque ion, c leur concentration et $\mathrm{X}(x)$ et $\mathrm{Y}(x)$ des fonctions connues de x.

Ces valeurs de $\operatorname{Log} f$ sont introduites dans l'expression de E_0,

$$\mathrm{E}_0 = \mathrm{E}'_0 + \frac{\mathrm{RT}}{\mathrm{F}}\operatorname{Log} f,$$

où E'_0 est calculé par

$$(3) \qquad \mathrm{E}'_0 = \mathrm{E} + \frac{\mathrm{RT}}{\mathrm{F}}\operatorname{Log} c.$$

On a ainsi pour chaque a essayé une série de valeurs de E_0 variant avec la concentration. S'il existe un a pour lequel E_0 ne varie pas avec la concentration, c'est, d'une part que la formule (2) s'applique, d'autre part la valeur constante obtenue est le E_0 cherché.

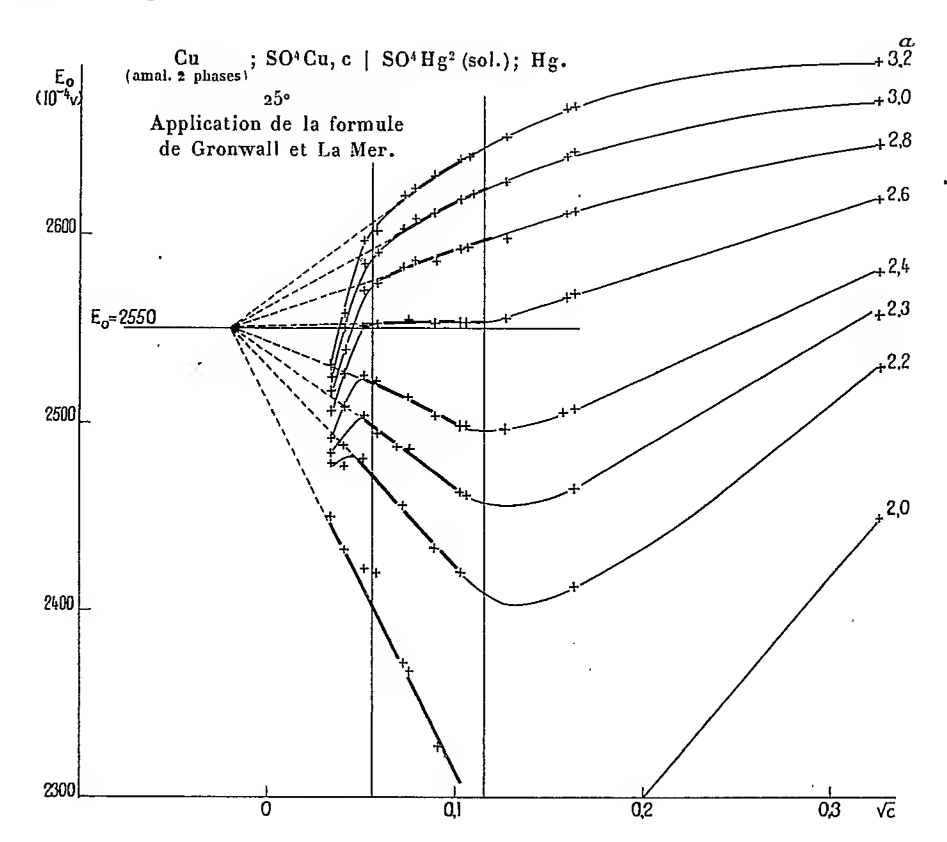
La figure ci-contre reproduit les courbes de variation (à $t = 25°$) de E_0 ainsi calculé en fonction de $\sqrt{c}$, et montre que la formule (2) ne semble s'appliquer à SO^4Cu que dans une région très restreinte de concentration. En s'en tenant à ce domaine de validité probable, le tableau ci-dessous donne aux différentes températures étudiées les valeurs de E_0 et de a :

t(°C.)	0.	15.	25.	35.	46,5.
E_0(10^{-4} volt)	2675	2592	2550	2490	2426
a(Å)	2,39	2,48	2,59	2,67	2,78

La valeur de E_0 ainsi déterminée à 25° est nettement inférieure à celle trouvée par Getman [1], ce qui s'explique, car les mesures de cet auteur portent sur des solutions moins diluées que les nôtres.

[1] *J. Phys. Chem.*, **34**, 1930, p. 1454.

Contrairement à ce qui a été trouvé pour SO^4Cd (1) et pour SO^4Zn (2), *a* varierait un peu avec la température, et fait assez surprenant, dans le même sens que celle-ci.



En résumé, la formule de Gronwall et La Mer ne rend que très imparfaitement compte des faits; trois hypothèses peuvent être invoquées :

1° Étant donné la solubilité de SO^4Hg^2, peut-être n'est-il plus légitime de considérer la pile comme sans transport aux grandes dilutions. 2° Le rayon ionique trouvé étant, pour des ions divalents, extrêmement petit, il est possible que les deux termes correctifs de Gronwall et La Mer ne suffisent pas. 3° Enfin, hypothèse la plus probable, les rayons ioniques des deux ions ne sont pas égaux et d'autre part, l'hydrolyse intervient.

---

(1) La Mer et Park, *J. Am. Chem. Soc.*, 53, 1931, p. 2040.

(2) Cowperthwaite et La Mer, *J. Am. Chem. Soc.*, 53, 1931, p. 4333.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur de nouvelles substances radioactives.* Note de M. A. **Debierne**, présentée par M. Ch. Maurain.

Ayant remarqué, au cours de traitements chimiques effectués sur des minéraux radioactifs, une certaine anomalie dans la répartition de l'activité des produits radifères, j'en ai recherché la canse et, après de nombreuses expériences, je suis arrivé à la conclusion que le radium est accompagné de substances radioactives non encore cacactérisées.

Si une préparation de baryum radifère, soigneusement purifiée, est soumise à des fractionnements répétés, soit par précipitation du carbonate soit par cristallisation du bromure, et qu'on observe la variation en fonction du temps de l'activité de chacune des fractions, les mesures étant faites sur du carbonate étalé en couche mince, les courbes obtenues peuvent présenter entre elles des différences très marquées. Dans un fractionnement de bromure, les fractions de tête moins solubles et fortement actives ont, en général, une même loi de variation, très sensiblement identique à la loi théorique obtenue en supposant que l'émanation est retenue presque totalement par le sel solide, et avec le dispositif expérimental utilisé l'activité finale à l'équilibre est environ cinq fois plus grande que l'activité initiale après la précipitation du carbonate; mais dans les fractions plus solubles, peu actives, intermédiaires entre le baryum et le radium concentré, on peut obtenir des courbes très différentes où, par exemple, l'activité finale est seulement deux fois plus grande que l'activité initiale. Un effet analogue beaucoup moins marqué a été aussi observé dans les fractions de tête les moins solubles, d'un fractionnement de bromure conduit d'une manière particulière. Ces anomalies disparaissent peu à peu avec le temps, et les mêmes fractions donnent des courbes de montée d'activité sensiblement normales quand elles ont été conservées pendant quelques semaines.

Il est facile d'interpréter ces faits en supposant qu'une certaine proportion de radium ne se transforme pas directement en radon, mais donne lieu à la production de substances actives ayant des propriétés chimiques analogues à celles du baryum et du radium, des vies moyennes assez courtes, de l'ordre de quelques jours, et qui probablement se transforment elles-mêmes en radon.

Les nouvelles substances radioactives paraissent avoir des propriétés chimiques très voisines de celles du radium mais elles ne sont pas de véritables isotopes de celui-ci : elles peuvent se séparer par fractionnement

chimique. Il en résulte qu'on ne peut leur assigner une place normale dans la classification des éléments. Je les désignerai sous le nom de Néoradium (NeRa), des indices I, II, etc. pourront être utilisés lorsqu'elles auront été caractérisées d'une manière plus précise.

Je pense que cette nouvelle complexité dans la constitution d'une famille radioactive doit être rapprochée de celle qui a été mise en évidence par l'étude détaillée des rayons α, en particulier par les expériences de déviation magnétique de M. Rosenblum et je ferai l'hypothèse qu'à un néoradium correspond une raie de structure fine du spectre magnétique du rayonnement α du radium. On sait que ces rayons α de structure fine sont liés à l'émission d'un rayonnement γ particulier, que des transformations intermédiaires ont été envisagées et que des bilans d'énergie très cohérents ont été établis [1].

Si l'on veut tenir compte de l'analogie des propriétés chimiques d'un néoradium avec celles du radium, le schéma suivant paraît le plus probable.

Radium ⟶ Néoradium ⟶ Radon
↓ Rayonnement γ ↓ rayonnement α_1

Mais il faut remarquer que l'ordre d'émission des rayons α et γ est inverse de celui qui est généralement admis et la question doit être discutée.

Il paraît assez vraisemblable que d'autres corps radioactifs présentent les mêmes particularités que celles que j'ai observées avec le radium et qu'il y aura lieu d'admettre l'existence d'un certain nombre de néoéléments radioactifs. Si les néoéléments sont réellement obtenus à la suite d'une transformation γ, on pourra supposer qu'il n'y a pas de changement dans la charge électrique du noyau, malgré le changement notable dans les propriétés chimiques de l'atome. Il y aurait là un facteur nouveau à introduire dans les théories sur la constitution du noyau et de l'atome.

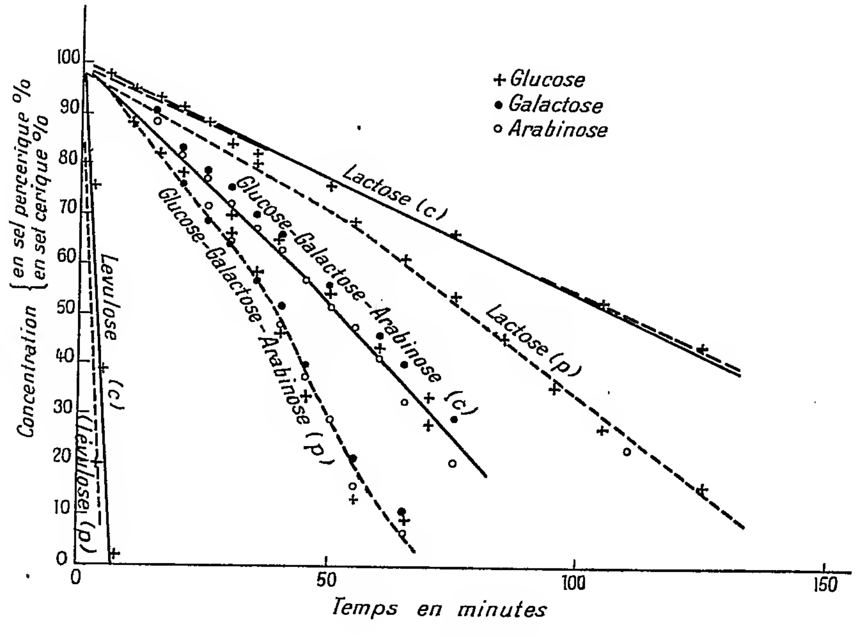
Enfin l'existence de néoéléments non radioactifs ne paraît pas *a priori* tout à fait impossible; j'ai entrepris quelques recherches à ce sujet.

---

(1) ROSENBLUM, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 317; STAHEL, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 608.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Comparaison des vitesses de réduction des solutions des sels cériques et percériques par les sucres.* Note (1) de M. G. LEJEUNE, présentée par M. G. Urbain.

Dans un Mémoire précédent (2), j'ai étudié par une méthode électrométrique, la vitesse de réduction de solutions alcalines de sels cériques par différents sucres. Ayant pu montrer, d'autre part (3), qu'en milieu alcalin l'ion céreux passait sous l'influence de l'air à l'état d'ion complexe $(CeO)^{++++}$.



Concentration du sucre : 0,4 M; du sel de cérium $\frac{M}{200}$.

Il m'a semblé intéressant de mesurer, dans le but de les comparer, la vitesse de réduction des solutions de cet ion complexe par les mêmes sucres dans des conditions identiques.

Je rappellerai brièvement la méthode employée : On ajoute à la solution

(1) Séance du 6 mars 1933.

(2) G. LEJEUNE, *J. Chim. phys.*, 24, 1927, p. 482.

(3) G. LEJEUNE, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 665.

oxydante une quantité de sucre solide telle que l'on obtienne la concentration désirée. On plonge dans cette solution une électrode de platine pour former une pile avec une électrode normale au calomel. On détermine le potentiel de cette pile à des intervalles de temps réguliers, ce qui permet d'en déduire la concentration en sel oxydant à l'époque considérée en se reportant à la courbe de potentiel d'oxydo-réduction déterminée préalablement. Il n'y a pas à craindre d'être gêné par la présence d'ions cériques, la réduction pour les sucres employés allant jusqu'au stade céreux.

On peut donc construire de cette manière la courbe temps-concentration et se faire une idée de la vitesse de réduction du sel de cérium car, en effet, quoique dans les conditions de l'expérience la concentration du sucre soit de beaucoup supérieure à celle de l'oxydant, le phénomène de réduction ne suit pas une loi simple.

Dans la figure ci-contre, les courbes résument les résultats obtenus.

Les courbes en pointillé se rapportent au sel percérique, les courbes en traits pleins au sel cérique.

On voit très facilement que, pour un même sucre réducteur, les courbes relatives aux deux sels cérique et percérique ont une allure identique; le sel percérique présente seulement une aptitude réactionnelle légèrement plus prononcée.

Ce résultat semble donc une confirmation de notre hypothèse précédente : la présence du cérium dans la solution oxydée à l'air, à l'état d'ion complexe $(CeO)^{++++}$. On peut alors expliquer la similitude des résultats obtenus dans la réduction des ions Ce^{++++} et $(CeO)^{++++}$ par l'égalité des degrés d'ionisation.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la pression osmotique des solutions de nitrocellulose.* Note (¹) de M. **Jean Grard**, présentée par M. G. Urbain.

Cinq fractions d'un même échantillon homogène de coton nitré ont été soumises à la dégradation en autoclave, au sein de l'eau, à la température de 130° pendant des temps variables, savoir : n° 1 (témoin), non passé en autoclave, n°s 2, 3, 4, 5 et 6 traités respectivement 4, 8, 12, 16 et 20 heures.

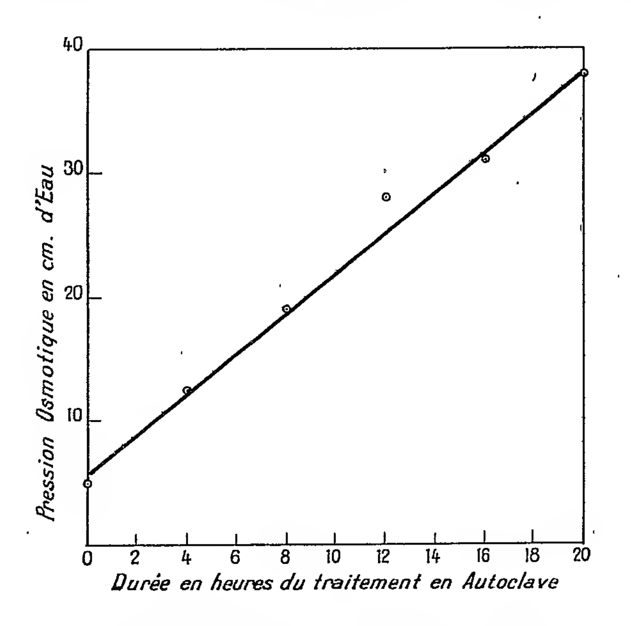
Après ce traitement les échantillons ont été dissous dans l'acétone pure, de manière à réaliser une solution de concentration 1 pour 100 (1^g de nitro-

(¹) Séance du 6 mars 1933.

cellulose pour 100^{cm^3} de solution). Nous avons déterminé la pression osmotique de chaque solution à la température de 20°, au moyen de l'appareil dont la description a été publiée antérieurement (¹). La membrane semi-perméable de l'appareil avait été préparée à l'aide d'un collodion très riche en éther et répondant à la formule

Nitrocellulose soluble	5^g
Alcool	18^{cm^3}
Éther	80^{cm^3}

afin qu'elle présente une texture excessivement serrée, s'opposant au pas-



sage des micelles cellulosiques, quel que soit le degré de finesse auquel l'épreuve de chauffage à 130° ait pu les réduire; mais, dans ces conditions, l'équilibre ne se manifestait qu'au bout d'un temps assez long, souvent une huitaine de jours.

Il a paru intéressant de mesurer, sur les mêmes solutions et à la même température de 20°, la viscosité η et de faire le calcul du coefficient de viscosité spécifique K de M. J. Duclaux.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

(¹) J. Grard, *Journal de Chimie physique*, 29, vi, 25 juin 1932, p. 287.

Numéro de l'échantillon.	Durée de passage en autoclave (heures).	Pression osmotique de la solution (cm³ d'eau).	Viscosité η (centipoises).	Viscosité spécifique K.
1..........	0	5	4	105
2..........	4	12,4	0,78	38
3..........	8	19	0,58	23
4..........	12	28	0,49	17
5..........	16	31	0,45	13.
6..........	20	38	0,40	11

De ces valeurs on peut tirer les conclusions suivantes :

1° La pression osmotique pour la solution de l'échantillon non dégradé (n° 1) correspond à un poids moléculaire de 50000, valeur en excellent accord avec les ordres de grandeur auxquels des méthodes purement chimiques conduisent pour les dérivés de la cellulose de coton.

2° La dégradation résultant du chauffage à 130° se traduit d'une part par la chute de viscosité bien connue, et d'autre part par une élévation de la pression osmotique, c'est-à-dire par une diminution du poids moléculaire moyen, mais tandis que la viscosité tend rapidement vers une limite (à peine supérieure à la viscosité propre du solvant pur), la pression osmotique croît à peu près linéairement avec la durée du traitement en autoclave, comme le montre le graphique ci-contre. Il s'ensuit que la pression osmotique fournit une mesure adéquate du degré de dégradation des nitrocelluloses.

3° L'abaissement de la pression osmotique prouve de façon incontestable que la dégradation entraîne une diminution du poids moléculaire du produit; il est intéressant de noter que ce résultat avait déjà été pressenti [1] par l'analyse cristalline aux rayons X de films obtenus au moyen de nitrocelluloses plus ou moins dégradées par passage en antoclave.

Tout ce qu'on sait des effets du traitement en autoclave converge donc vers la conclusion : la dégradation d'une nitrocellulose consiste en coupure des chaînes cellulosiques en tronçons de moins en moins longs à mesure qu'on prolonge le traitement de dégradation.

---

(1) Voir M. Mathieu, *Trans. Faraday Soc.*, 29. 1933, p. 122.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Ébulliomètre à prise de vapeur pour la détermination des points de rosée et d'ébullition des mélanges de liquides volatils.* Note [1] de MM. **L. Gay** et **J. Soulié**, présentée par M. Urbain.

Cet appareil destiné à la détermination à la pression atmosphérique, et sous pressions réduites, des points de rosée et d'ébullition de mélanges

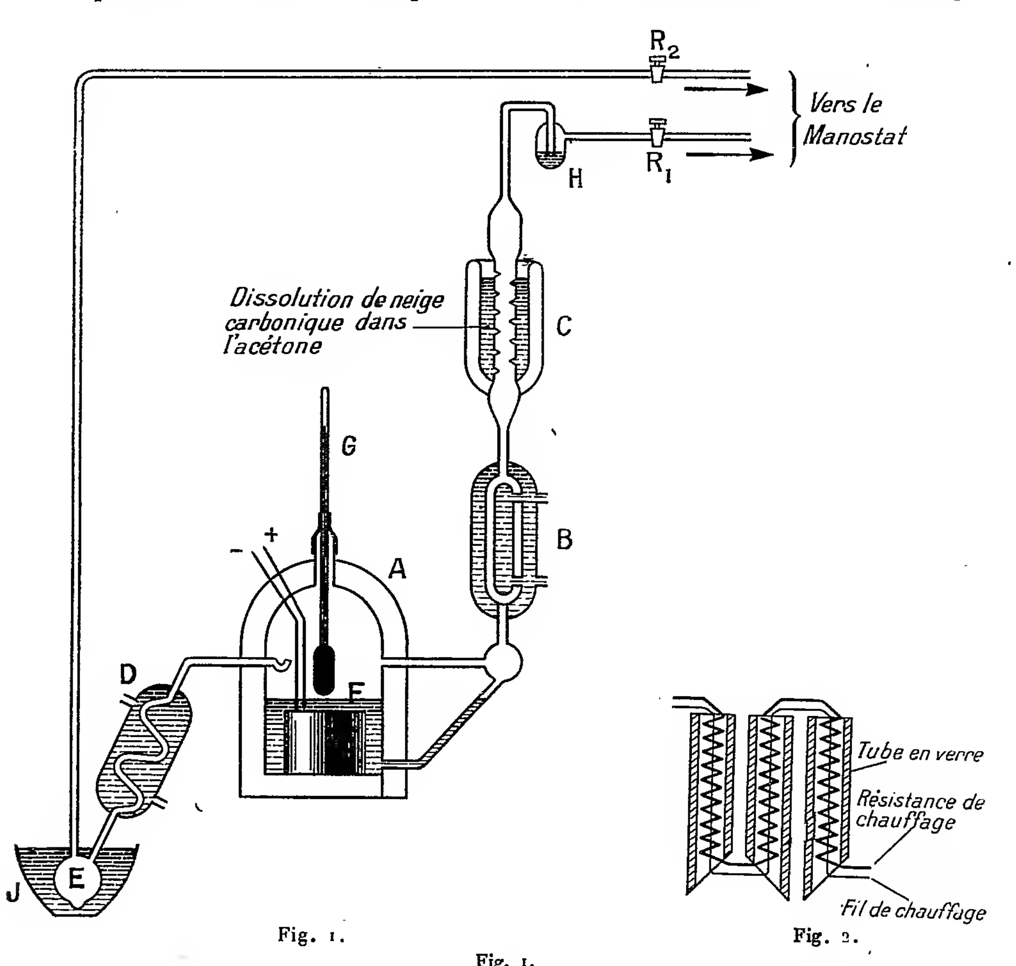


Fig. 1.
A, bouilloire; B, réfrigérant de rétrogradation; C, rétrogradateur complémentaire (vase de Dewar); D, réfrigérant descendant; E, boule de condensation; F, couronne de chauffage; G, thermomètre; H, barboteur; J, récipient pour mélange réfrigérant; R_1, R_2, robinets.

Fig. 2. — Couronne de chauffage. Schéma de montage.

---

(1) Séance du 6 mars 1933.

d'hydrocarbures, permet de réaliser les conditions suivantes, requises pour la précision de ces mesures :

1° État d'équilibre entre la phase vapeur et la phase liquide;

2° Température uniforme dans les deux phases;

3° Identité entre l'échantillon prélevé de la phase vapeur et cette phase.

La bouilloire, dans laquelle on met le mélange à étudier, est pratiquement athermane grâce à sa double paroi à l'intérieur de laquelle on a fait le vide.

Le chauffage est effectué par une résistance électrique placée à l'intérieur d'une série de petits tubes de verre disposés en couronne. Un fil de surchauffe, en dérivation sur le circuit de chauffage, provoque et régularise l'ébullition. Ce dispositif provoque, également, le brassage (par thermosyphonage) de la phase liquide.

La prise d'échantillon de la vapeur pour la mesure des points de rosée est effectuée (par fermeture du robinet R_1 et ouverture du robinet R_2) lorsque l'équilibre entre les deux phases est atteint (et non pas, comme dans les appareils antérieurement employés, au début de l'ébullition, alors qu'un tel équilibre peut n'être encore qu'imparfaitement réalisé).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Un dispositif correct d'électrophorèse.* Note de Mlle **Choucroun**, présentée par M. Jean Perrin.

On a souvent appliqué l'*électrophorèse* (transport de particules chargées vers une électrode) pour rassembler des micelles de solutions colloïdales, éventuellement arrêtées contre une membrane imperméable à ces micelles. Mais, en général, on s'est placé dans des conditions mal définies, ignorant ou négligeant des perturbations énormes liées à l'existence même du champ.

1. C'est d'abord le *mouvement propre du liquide*, existant en dehors de toute particule chargée, dû au seul fait qu'il y a des ions dans le milieu. Nous savons en effet que la paroi qui enferme le liquide s'électrise par contact aux dépens des ions du milieu, avec formation d'une *couche double* dont un feuillet reste adhérent à la paroi qu'il charge; l'autre feuillet de signe inverse se trouvant dans le liquide, en regard de la paroi. Quand le champ apparaît, ce feuillet mobile glisse d'une pièce le long de cette paroi, entraînant de proche en proche (*osmose électrique*) tout le liquide environnant, d'un mouvement uniforme, avec dénivellation inévitable provoquant un reflux liquide qui s'ajoute algébriquement à ce que donnerait à l'osmose seule. En régime devenu permanent, toute partie du liquide se meut paral-

lèlement à l'axe du tube, la zone neutre de vitesse nulle étant à distance notable de la paroi.

De façon précise (Ellis), dans un tube de rayon R, qui peut être regardé comme formé de gaines coaxiales emboîtées les unes dans les autres la vitesse varie avec le rayon r de la gaine selon une loi parabolique, depuis ω (vitesse d'osmose) contre la paroi, jusqu'à $-\omega$ pour le filet axial, en s'annulant pour le rayon $R/\sqrt{2}$, soit à peu près aux deux tiers du rayon du tube (si grand que soit ce rayon). A l'extérieur de cette gaine de vitesse nulle le liquide est entraîné dans le sens de l'osmose électrique; à l'intérieur de cette gaine le liquide est entraîné dans le sens du reflux (de telle sorte que, en régime permanent, la somme algébrique des quantités de liquide traversant une section droite du tube est constamment nulle).

2. Si maintenant nous supposons dans le liquide des particules non chargées, ce double mouvement dû à l'osmose et au reflux ne fera que brasser la suspension sans en changer la composition. Si par contre les particules sont chargées, et si leur vitesse propre de déplacement dans le champ indépendant de leur taille (Cotton et Mouton) est inférieure à la vitesse critique ω alors ce double brassage pourra masquer l'action directe du champ en ramenant sans cesse des particules vers l'électrode qui les chasse.

Ainsi, l'idée simple encore trop souvent admise, suivant laquelle une particule chargée se meut par rapport à la paroi avec une vitesse ne dépendant que de sa charge, se montre grossièrement fausse. Tout ce qui subsiste c'est que les particules d'une même sorte s'accumuleront en proportion plus grande près de l'électrode qui les attire, si toutefois elles n'y sont pas détruites par les produits d'une *électrolyse inévitable*.

Nous savons en effet que très souvent l'électrolyse s'accompagne de la production d'ions OH^- à l'électrode négative, d'ions H^+ à l'électrode positive, dont l'action modifie en tout cas la charge (ou même le signe) des particules et peut modifier profondément la nature même de la surface des particules.

3. On peut empêcher les particules d'atteindre les électrodes en les arrêtant par des *membranes* imperméables aux particules (collodion, cellophane, etc.), et l'on peut, d'autre part, lutter contre la diffusion thermique des produits de l'électrolyse en utilisant de *grands champs* qui ont par ailleurs l'avantage de permettre des expériences rapides au cours desquelles les liquides soumis à l'électrophorèse (colloïdes, milieux biologiques) évoluent peu.

Mais ce qu'on ne peut ainsi empêcher c'est que ces ions nocifs H^+ et OH^-, fortement tirés par le champ, n'arrivent dans le liquide étudié, même si l'on tente d'éliminer ces ions à leur naissance par un courant liquide de grand débit qui se montre incomplètement efficace. C'est ainsi que faisant l'électrophorèse d'un milieu contenant des protéines en suspension, j'ai pu suivre la progression rapide des ions H^+ (ordre du décimètre par minute dans un champ de 100 volts/cm) par la coagulation des protéines (parvenues à leur point isoélectrique), qu'un excès d'ions H^+ remettait en suspension.

Pour éviter cette intervention des ions H^+ et OH^- il fallait réaliser des champs faibles au voisinage des électrodes, c'est-à-dire plonger les électrodes dans un milieu très conducteur par rapport au liquide soumis à l'électrophorèse.

J'ai donc réalisé le dispositif suivant : *un tube en* U *fermé aux deux bouts par une membrane de cellophane, et divisé en trois parties assemblées par des rodages plans (compartiments anodique, cathodique et compartiment médian) contiendra le liquide à étudier. Les deux extrémités de ce tube en* U *plongent dans le même liquide ou dans un liquide salin de même conductibilité. Ce liquide repose sur un tampon de gélatine imprégné de* KCl *normal, l'autre extrémité du tampon est baignée par du* KCl *normal dans lequel plonge l'électrode.*

Alors, la presque totalité du champ se concentre dans la région qui nous intéresse. Et, dans le champ très faible réalisé près des électrodes la progression des ions H^+ et OH^- devient si faible qu'ils n'ont pas le temps, pendant la durée de l'expérience, d'arriver jusqu'à l'intérieur du tube.

4. Opérant dans ces conditions, j'ai constaté qu'il n'y avait plus de modifications notables de pH. Ayant alors placé un indicateur coloré dans le liquide soumis à l'électrophorèse j'ai décelé l'apparition d'ions H et OH qui naissent au voisinage des membranes, et qui semble indiquer qu'une *membrane traversée par un courant peut fonctionner comme une électrode secondaire.*

Il fallait se débarrasser de cette dernière perturbation. J'y suis arrivé en neutralisant ces ions H et OH par addition dans le milieu de part et d'autre de la membrane, d'une solution tampon de même pH que le milieu étudié.

5. Dans ces conditions bien définies d'expérimentation, et employant des champs de l'ordre de 100 volts/cm, j'ai pu :

1° Concentrer des colloïdes sans les altérer ;

2° Séparer dans un mélange de deux sortes de particules inégalement chargées chaque sorte de particules;

3° Entreprendre une étude précise de certains milieux biologiques dont les résultats seront publiés ultérieurement.

Enfin, une discussion analogue m'a permis d'améliorer les dispositifs employés pour la détermination de l'osmose électrique et pour l'observation microscopique de l'électrophorèse.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le spectre Raman de quelques carbures cycléniques.* Note de MM. **Marcel Godchot**, **Étienne Canals** et Mlle **Germaine Cauquil**, présentée par M. Delépine.

La présente Note a pour but de faire connaître les spectres Raman de quelques carbures cycléniques appartenant aux cycles en C^5, C^6, C^7, C^8 et les observations qui en résultent en les comparant entre eux et avec les spectres des carbures cyclaniques correspondants, déjà signalés par nous dans une précédente Communication (1).

Raies Raman (en cm^{-1}) (2).

Cyclopentène.	Cyclohexène.	Cycloheptène.	Cyclooctène.
–	–	144,7	–
–	176	–	158
–	273	212	243
380	396	315	294
–	451	–	442
–	494	–	–
–	703	–	–
901	**825**	**738,6**	**695**
964	**997**	**996,4**	**996**
1031	1069	1043,5	1096
–	1139	–	1171
1205,4	**1220**	**1273**	**1271**
–	1272	1348	–
1445	**1431**	**1445**	**1439**
1622	**1655**	**1651**	**1604**
2836	2821	–	–
2884	2868	2867	2864
2913	2914	2912	2912
2952	2940	2946	2950

(1) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1574.

(2) Les chiffres gras correspondent aux raies fortes et nettes des spectres.

L'examen de ce tableau nous permet de tirer les conclusions suivantes :

A. Le spectre du cyclohexène trouvé par nous est en parfait accord avec celui donné successivement par Dadieu et Kohlrausch [1] et par Lespieau et Bourguel [2].

B. Les spectre des différents carbures présentent un aspect général assez voisin entre eux d'une part, et à l'exception de la raie de la région 1600 caractéristique de la double liaison, sans grande différence d'autre part avec des carbures cyclaniques fondamentaux :

a. Les fréquences (inférieures à 1000) dans la région spectrale des raies relatives aux liaisons C-C diminuent lorsque le nombre d'atomes de carbone du cycle croît.

b. La raie 1440 caractérisant le groupement $(-CH^2)$ se retrouve à peu près, invariable dans la même région et avec la même intensité pour tous ces carbures.

c. On retrouve aussi pour les carbures cycléniques la raie forte de la région 1200 (1205, 1220, 1273, 1271) des carbures cyclaniques, raie qui n'existe pas dans les spectres des carbures acycliques correspondants.

Il semble donc que notre première observation sur cette raie qui serait, d'après nous, une raie caractéristique des carbures cycliques, se généralise, puisque on la retrouve également et assez forte pour les carbures cycliques possédant une double liaison.

d. De même, la raie forte de la région 800 (901, 825, 738,6, 695) semble se déplacer en suivant la loi approchée déjà énoncée par nous : le produit du carré de la fréquence Raman par le nombre d'atomes de carbone du cycle est sensiblement constant $(f^2 \times n \times 10^{-5}) = 38,5$; cette loi se vérifie ici encore à 6 pour 100 près.

C. Les spectres des carbures cycléniques possèdent de nombreuses raies fines à partir de $144^{cm^{-1}}$. Une raie assez forte et ayant sensiblement la même position se retrouve pour tous ces carbures (964, 997, 996,4, 996). Enfin, la raie de la région 1600 caractéristique de la double liaison, comme d'autres auteurs l'ont montré, passe par un maximum pour le cyclohexène (1655) en partant du cyclopentène (1622) qui a la même fréquence de celle de l'éthylène, pour se maintenir à (1651) dans le cycloheptène et revenir à (1604) dans le cyclooctène, dont la structure spatiale serait différente de celle des autres cycles.

---

(1) *Der Smekal-Raman-Effekt*, p. 369.

(2) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 47, 1930, p. 1365.

MÉTALLURGIE. — *Sur le grillage des sulfures : des mattes de nickel en particulier.* Note de M. **B. Bogitch**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

On est enclin à considérer le grillage des sulfures comme une opération métallurgique des plus simples. S'il en est ainsi dans certains cas, par exemple dans le grillage de la pyrite de fer, cela tient à deux circonstances : à l'infusibilité de ce corps et au fait que l'on ne cherche pas à en éliminer rigoureusement le soufre. Le cas du sulfure de nickel, appelé industriellement matte, est tout différent ; sa transformation complète en oxyde de nickel présente toujours des difficultés sérieuses.

Obtenue à l'état fondu au convertisseur, donc compacte, la matte ne commence à s'oxyder sensiblement que lorsque la tension de vapeur de soufre atteint une certaine valeur, c'est-à-dire à des températures voisines de celle de la fusion de la matte. D'où première difficulté à résoudre : griller une poudre de sulfure disposée sur la sole du four en couche de plusieurs centimètres d'épaisseur sans la fondre ni l'agglomérer. La seconde grosse difficulté vient de ce que ce produit ne doit pas contenir après le grillage plus de 0,02-0,01 pour 100 de S.

Dans le tableau ci-dessous, je donne les résultats des analyses des échantillons de la matte en cours de grillage industriel.

Température maxima	Avant grillage.	700°.	825°.	1025°.	1110°.	1200°		
Durée totale du grillage (h.)	–	8	16	24	32	35	38	40
Proportion NiO (%)	0	29,6	49,3	76,1	84,1	93,1	98,0	?
Proportion de sulfure résiduel (%)	100	70,4	50,7	23,9	15,9	6,9	2,0	?
Teneur moyenne en S du produit grillé (%)	22,4	18,7	13,6	6,1	3,6	1,4	0,32	0,02
Teneur en S du sulfure résiduel (%)	22,4	26,5	26,8	25,5	22,8	20,2	15,3	?

Les chiffres les plus intéressants se rapportent à la teneur en soufre du sulfure résiduel. On y voit d'abord cette teneur croître avec le progrès du grillage, atteindre un maximum de 27 pour 100, ce qui correspond à peu près à Ni^3S^2, puis décroître. Ces variations continues de la composition du sulfure résiduel compliquent singulièrement le grillage.

Les mattes venant du convertisseur ont une teneur en soufre qui varie de 20 à 24,5 pour 100. Quand la matte a 22,5, elle correspond à l'eutec-

tique fondant à 660°. Or le grillage commence à 600°-650°. Cette matte a donc tendance à s'agglomérer ou même à fondre dès le début de l'opération. Cependant avec le progrès du grillage, la teneur en S du sulfure résiduel augmentant, sa température de fusion s'élève et ce qui ne s'est pas aggloméré au début ne s'agglomérera plus après ([1]). On conçoit que la matte hypo-eutectique, à 20 pour 100 de S, par exemple, fondant à 780° se comporte différemment. Sa tendance à l'agglomération n'apparaîtra qu'après quelques heures de grillage lorsque la teneur en S du sulfure résiduel s'approchera de celle de l'eutectique. La matte hypero-eutectique se comportera encore différemment.

L'abaissement de la teneur en S du sulfure résiduel se produisant à la fin du grillage cause d'autres ennuis, car moins il y a de soufre plus il est difficile de l'éliminer complètement. J'indique ci-dessous les vitesses d'oxydation du soufre à 800° déterminées au laboratoire, la vitesse correspondant à la matte eutectique étant prise pour unité.

Soufre dans la matte avant grillage (pour 100).....	28,4	22,0	16,5	12,0
Vitesse d'oxydation du soufre....................	1,9	1,0	0,02	0,005

Pour terminer rapidement le grillage, on est donc obligé d'élever la température du four bien au-dessus de 800°, à 1200° et même à 1300° sans que l'élimination complète du soufre soit toujours garantie.

L'expérience prouve que les variations des teneurs en soufre du sulfure résiduel sont dues à la réaction

$$\mathrm{Ni}^m\mathrm{S}^n + \mathrm{SO}^2 \rightleftharpoons \mathrm{NiO} + \mathrm{Ni}^p\mathrm{S}^q \quad \text{avec} \quad \frac{q}{p} > \frac{n}{m}.$$

Aux températures inférieures à 1000°, quand le grillage est actif, la tension de SO^2 est élevée dans la couche grillée, la réaction se produit de gauche à droite, et la teneur en soufre du sulfure augmente. Au-dessus de 1000°, le grillage se ralentit puisqu'il reste très peu de soufre dans le produit grillé, la tension de SO^2 baisse et la réaction va de droite à gauche, en donnant du sulfure pauvre et non pas du métal pur comme dans le cas du cuivre. Ainsi, dans le grillage industriel, lent, en couches épaisses, le produit grillé tend à se mettre constamment en équilibre avec la température et la tension de SO^2, contrairement à ce qui se passe dans le grillage rapide effectué au laboratoire.

([1]) De plus la couche réfractaire de NiO qui enrobe les grains de sulfure empêche aussi leur agglomération ultérieure.

On s'explique maintenant la méthode du grillage industriel d'ailleurs élaborée empiriquement et qui consiste en ceci : éliminer aux basses températures la plus grande partie de soufre en utilisant la grande vitesse d'oxydation du sulfure résiduel riche formé dès le début de l'opération. Au besoin rebroyer la matte dans l'intervalle du grillage si les agglomérations ont eu lieu. Puis terminer le grillage le plus rapidement possible aux températures élevées en activant le rablage ce qui évite la formation des sulfures résiduels trop pauvres, difficiles à oxyder. En procédant autrement, on est forcé d'avoir recours aux réactifs : addition d'oxyde ou de sulfate de nickel au début du grillage, de carbonate de soude à la fin.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur le polymorphisme des paraffines.* Note de M. **N. Yannaquis**, présentée par M. H. Le Chatelier.

On sait que les hydrocarbures saturés cristallisent dans le système orthorhombique, sous deux formes différentes dont l'une n'est stable que dans un domaine de quelques degrés au-dessous du point de fusion [1]. Les températures de transition ont été mesurées directement par S. H. Piper et ses collaborateurs [2] pour les hydrocarbures purs de synthèse compris entre $C^{26}H^{54}$ et $C^{36}H^{74}$, en observant directement la disparition de l'opacité d'une petite quantité de substance contenue dans un tube de verre fin. Plus récemment, Muller a établi que le spectre des plans réticulaires en zone sur l'axe binaire *c*, lequel est aussi axe de symétrie de la chaîne hydrocarbonée, montre une transformation discontinue pour tous les homologues compris entre C^{23} et C^{34}. La nouvelle forme, également orthorhombique tend de manière continue vers une structure hexagonale dont l'apparition se manifeste par la confusion en une seule des deux raies 110 et 200. Le domaine de cette nouvelle forme, d'autant plus restreint que le nombre de carbones est plus élevé, n'est observable qu'entre C^{23} et C^{29}.

Nous avons essayé de retrouver ces transformations au microscope polarisant en observant directement les paraffines.

Les paraffines d'origine minérale, fractionnées par distillation ou précipitation, présentent des points de transformation très nets. Les paraffines non fractionnées n'accusent pas de modification discontinue avec la tempé-

---

(1) A. Muller, *Proc. of Roy. Soc.*, (A), **120**, 1928, p. 437; **127**, 1930, p. 417; **138**, 1932, p. 514.

(2) S. H. Piper, *Bioch. J.*, **25**, 1931, p. 2072.

rature. Dans le tableau suivant, 2E est l'angle aigu apparent des axes optiques. P_{tr} la température de transformation. PF le point de fusion, PE le point d'ébullition.

Corps.	2E.	P_{tr}.	PF.	PE.
Paraffines commerciales. A..	–	–	64,5-66,5°	–
Paraffines commerciales. B..	–	–	52,5-56	–
Précipitée de CCl^4..	42-45°	–	58 -63	–
Fractions distillées :				
1	–	34 -35°	45,1-46,5	163-166°
2	–	36,5-37,2	49 -49,5	173-177
3	42 -48	–	–	177-177
4	40 -42	39,8-40,9	53,5-54,4	177-177
5	–	43 -43,5	56,1-57,5	190-198
6	–	44 -46	58,5-60	190-201
7	–	45 -47	59,4-60,5	201-216
8	–	–	–	–
9	14	–	60 -61,5	195-203
10	8,5	–	62,5-63,2	208-208

La technique consiste à faire fondre la paraffine sur une lame de verre, puis la laisser refroidir lentement à l'intérieur d'un petit four électrique fixé sur la platine d'un microscope polarisant (modèle de M. G. Friedel); on observe entre nicols croisés. Les premiers cristaux apparaissent sous forme d'aiguilles [1] à extinction droite ou de plaques curvilignes biréfringentes; ils se déforment progressivement sous l'influence des contractions de la surface.

Au-dessous de la solidification, le champ présente l'aspect d'un treillis irrégulier brillant à extinctions roulantes, dans les creux duquel il y a des plages sombres à tous les azimuts. En lumière convergente celles-ci montrent la croix caractéristique des uniaxes (positifs). Au point de transformation, elles se couvrent de cristallites ou de cristaux assez gros (quelques centièmes de millimètre) rhombiques entiers ou tronqués, ayant un angle aigu de 30 à 33° ou de 66 à 68°. L'épaisseur de ces plages est très faible et sensiblement la même pour toutes les préparations. Leur teinte est gris lavande du premier ordre. En *lumière convergente* elles montrent les hyperboles des biaxes, symétriques avec peu ou pas d'isochromatiques et une dispersion droite. L'angle apparent des axes optiques est constant sur

(1) KATZ, *J. of the Anst. Petr. Techn.*, 16, 1930, p. 870; 18, 1932, p. 37.

la plupart des microcristaux d'une même préparation. La bissectrice de l'angle aigu coïncide avec la direction de grand indice, les cristaux sont donc biaxes positifs. Dans certains échantillons à cristallites fins on trouve parfois des angles très variables d'une plage à l'autre, toujours inférieurs à la valeur de 45-48° et souvent trop petits pour être mesurables avec quelque précision. L'interprétation de cette particularité reste subordonnée à de nouvelles expériences.

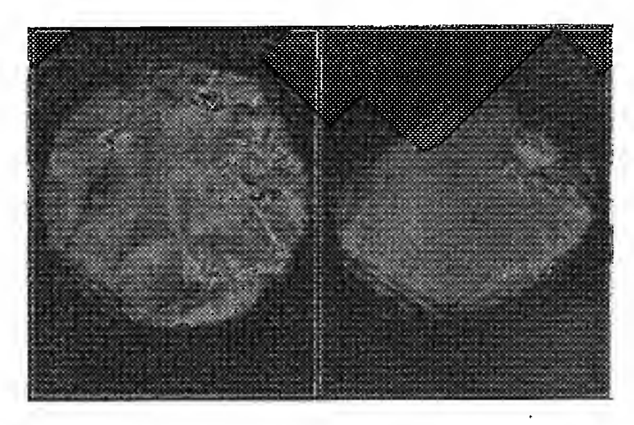


Fig. 1. Fig. 2.

La photographie 1 est celle d'un échantillon (n° 4 du tableau) au-dessous du point de transformation entre nicols croisés avec interposition d'une lame à teinte sensible à 45°; on y voit des assemblages étoilés à secteurs bien délimités faisant un angle au centre de 30°. Les sections principales de même nom font un angle de 45° entre secteurs contigus de sorte que deux secteurs séparés par un troisième ont leurs sections de nom contraire parallèles et deux secteurs diamétralement opposés sont optiquement identiques. La mesure des angles que font les sections principales avec les arêtes montre qu'il s'agit de cristaux accolés alternativement suivant le clivage (110) et la face (100) du prisme orthorhombique, formant ainsi une macle à symétrie apparente sénaire, laquelle au point de transformation (ph. 2) donne un cristal hexagonal vrai. Dans la région centrale l'angle 2E est sensiblement nul, même à la température ordinaire.

Les points de transition des hydrocarbures saturés de synthèse se retrouvent donc dans leurs mélanges complexes issus des paraffines naturelles moyennant un fractionnement sommaire. Mais à la différence des hydrocarbures purs, pour lesquels la transition se fait d'une structure

orthorhombique à une autre structure également orthorhombique tendant elle-même de manière continue vers une structure hexagonale stable au voisinage immédiat du point de fusion, les paraffines fractionnées passent directement de la structure rhombique à la structure hexagonale.

Cette différence pourrait s'expliquer par la présence dans les paraffines, outre des hydrocarbures droits qui seraient les constituants dominants, d'autres classes d'hydrocarbures saturés ramifiés ou cycliques.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur la constante du réseau cristallin de la face rhomboédrique du quartz.* Note de MM. **V. Kunzl** et **J. Köppel**, présentée par M. M. de Broglie.

En employant le quartz pour des mesures rœntgenspectroscopiques on se sert seulement de ses faces prismatiques. La constante de réseau de ces faces a été mesurée par MM. Siegbahn et V. Dolejšek [1] et récemment, par M. Bergquist [2]; ce dernier a obtenu :

$$d_{\infty}(18^{\circ}\text{ C.}) = 4246,02\text{ Xu.}$$

A côté des faces prismatiques, il y a d'autres faces naturelles du quartz, par exemple rhomboédriques $(10\bar{1}1)$; c'est des mesures de la constante de ces dernières que nous nous occupons dans le présent travail.

Les mesures ont été faites par la méthode Siegbahn à l'aide d'un spectrographe dans le vide, très précis, modèle Siegbahn, pour les longueurs d'onde moyennes. Le réglage du cristal a été fait comme d'ordinaire.

Pour obtenir la constante du spectrographe nous avons imaginé une méthode nouvelle que voici :

Nous prenons trois poses d'une même ligne spectrale en trois endroits convenables d'une plaque photographique. A chaque pose nous notons la position de l'alidade sur le cercle divisé du spectrographe.

Les distances entre ces trois positions se lisent sur un comparateur. La constante du spectrographe que nous cherchons à obtenir est égale à la hauteur commune des deux triangles voisins dont les bases sont données par les deux distances dont nous venons de parler et les angles opposés, par les différences des trois positions de l'alidade.

---

(1) M. Siegbahn u. V. Dolejšek, *Zs. f. Phys.*, 10, 1922, p. 166.

(2) O. Bergquist, *Zs. f. Phys.*, 66, 1930, p. 496.

Cette méthode nous permet de travailler avec une précision beaucoup plus grande et en même temps de mesurer le rayon réel du spectrographe tel qu'il existe au moment donné.

La valeur moyenne de la constante obtenue par nous est :

$$r = 180^{\text{mm}},17.$$

Pour nos mesures de la constante du spectrographe et de la constante du réseau, nous nous sommes servis de la ligne

$$\text{Cu K}\alpha_1 \,(\lambda = 1537,395 \text{ Xu}).$$

Le temps de pose a été de 10 minutes pour le premier ordre et de 25 minutes pour le second. La température a été prise toutes les 5 minutes. Pour les corrections relatives à la température nous avons employé la moyenne des valeurs trouvées pendant la pose. Le coefficient de dilatation perpendiculaire à la face rhomboédrique a été fixé à l'aide des coefficients de dilatation de l'axe principal et de l'axe secondaire :

$$\alpha_{\perp a} = 781 . 10^{-8},$$
$$\underline{\alpha_{\perp c} = 1419 . 10^{-8}} \quad (^1),$$
$$\alpha_{\perp (10\bar{1}1)} = 1040 . 10^{-8}.$$

Vu les constantes qui viennent d'être données nous avons obtenu pour la face rhomboédrique du quartz les valeurs suivantes (corrigées pour 18°,6) des angles d'incidence pour la ligne Cu Kα_1 du premier ordre :

$$\varphi_1 = 13^\circ 19' 17'',$$

pour la ligne Cu Kα_1 du deuxième ordre :

$$\varphi_2 = 27^\circ 26' 14''.$$

Il n'a pas été possible de mesurer avec une précision suffisante le troisième ordre, car ici l'exposition exige déjà un temps assez long.

Quant à la constante de réseau de la face rhomboédrique du quartz déduite des valeurs φ_1 et φ_2, elle vaut

$$d_1 = 3336,17 \text{ Xu},$$
$$d_2 = 3336,53 \text{ »},$$

il s'ensuit

$$\frac{\delta}{\lambda^2} = 3,2 . 10^{-12}$$

---

(1) LANDOLT-BERNSTEIN, *Tabellen.*

(μ étant l'indice de réfraction $\delta = 1 - \mu$).

La valeur de

$$\frac{\delta}{\lambda^2} = 3{,}2 \cdot 10^{-12}$$

est en accord dans les limites de la précision réalisée avec la valeur δ/λ^2 théorique et la valeur trouvée pour la face prismatique par M. Bergquist (¹) et par M. Larsson (²). Comme cette méthode n'est pas assez précise pour mesurer l'indice de réfraction, nous admettrons, quoiqu'il s'agisse ici d'une autre face que celle du prisme, la valeur théorique

$$\frac{\delta}{\lambda^2} = 3{,}60 \cdot 10^{-12},$$

et il en résultera

$$d_3 = 3336{,}60 \text{ Xu},$$
$$d_4 = 3336{,}63 \text{ »} .$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots,$$
$$d_\infty = 3336{,}66 \text{ »} .$$

CRISTALLOGRAPHIE. — *Symétrie de la boracite et rayons X.* Note de M. **Raymond Hocart**, transmise par M. Pierre Weiss.

Il n'a pas été signalé que la symétrie orthorhombique de la boracite soit manifestée par la diffraction des rayons X, si l'on observe la condition essentielle d'étudier une orientation optiquement homogène isolée d'un édifice mimétique.

Cette précaution indispensable a été, en fait, prise par Gruner (³) en vue de déterminer, au cristal tournant, les paramètres absolus et le groupe de recouvrements; mais la symétrie orthorhombique antihémièdre ayant été admise comme point de départ et ensuite entrevue dans l'analyse des clichés, n'a pas été soulignée par cet auteur.

Les observations ci-après mentionnées sont donc nouvelles en ce qui concerne la méthode de Laue; elles complètent celles de Gruner quant à la méthode du cristal tournant; outre les conclusions relatives à la symétrie elles suggèrent un aspect de la structure en rapport avec la loi des macles.

(¹) *Loc. cit.*

(²) *Upsala Univ. Arsscrift*, 9, 1929, p. 30.

(³) J.-W. Gruner, *Amer. Journ. of Science*, 17, 1929, p. 453.

1° Cliché Laue-Faisceau parallèle à un axe ternaire de l'édifice mimétique, c'est-à-dire ici à la rangée [101] du cristal orthorhombique; symétrie ternaire (axe ternaire et trois plans) dans la répartition géométrique des taches, approximative pour les intensités; pour celles-ci il n'existe qu'un élément de symétrie qui est un plan.

Deux plages orientées optiquement à 120° l'une de l'autre donnent des clichés superposables par rotation de 120° autour du faisceau incident — [101] est axe de macle — ou symétriques par rapport à un plan qui est plan de macle.

Le cliché obtenu en recevant successivement sur la même plaque les faisceaux diffractés par les deux plages possède le plan de macle comme plan unique de symétrie.

2° Faisceau parallèle à la rangée $[1\bar{1}2]$, axe binaire du réseau cubique qui n'est pas axe binaire du cristal orthorhombique ou de son réseau; avec les mêmes caractères que dans le cas précédent, il n'y a aucun plan de symétrie vrai normal au cliché.

La méthode du cristal tournant apporte les contributions suivantes à la connaissance du cristal simple :

Les paramètres absolus des rangées qui, dans le réseau hexaédral rhombique sont l'axe binaire du cristal, les deux autres axes binaires du réseau orthorhombique et la diagonale d'une face latérale sont respectivement :

$$[001] = 12,06\,\text{Å}, \quad [100] = 17,13\,\text{Å}, \quad [101] = 20,88\,\text{Å};$$

ces valeurs numériques, exactes à 0,5 pour 100 près, sont en bon accord avec celles de Gruner, pour un échantillon de boracite légèrement colorée en vert ([001] = 12,10 Å, [100] = 17,11 Å).

Le groupe de Schœnflies serait probablement C_{2v}^{11} à cause de deux réflexions impaires des plans (061) et $(40\bar{7})$ présentes sur le même cliché Laue.

Parmi les radiogrammes d'oscillation :

1° Oscillation de 15° autour de $[1\bar{1}2]$; K_α du cuivre; 30 à 35 kilovolts; 15 milliampères; 30 minutes.

Les strates impaires, c'est-à-dire telles que $p - q + 2r = 2k + 1$ sont :

a. d'intensité faible (signalé par Gruner).

b. dissymétriques, c'est-à-dire que la tache *pqr* n'a pas de correspondante sur la strate $-(2k+1)$ (non signalé par Gruner).

Les strates paires sont entièrement symétriques, deux à deux, par rapport à la strate zéro (position et intensité des taches).

Ces faits sont constants; on les retrouve sur tous les clichés d'oscillation (de 15° en 15° dans un domaine de 180°).

2° Oscillation autour de [112]; mêmes remarques; en outre :

c. les clichés autour de [112] et [112] sont superposables.

Il résulte de ces remarques que les plans normaux aux rangées [112] et $[1\bar{1}2]$, c'est-à-dire (111) et $(1\bar{1}1)$ [en notation cubique (011) et (101)] ne sont pas plans de symétrie du cristal et que le plan (010) [en notation cubique $(\bar{1}10)$] est plan de symétrie du cristal.

L'exploration d'un cristal de boracite au moyen des rayons X est donc en accord, dans ses résultats, avec la symétrie orthorhombique; c'est ce que nous nous sommes proposé de montrer.

En outre, la faible intensité des strates impaires sur tous les clichés obtenus par oscillation autour d'un axe binaire du réseau cubique suggère l'interprétation suivante : négligeons, en première approximation, ces strates impaires; la maille ainsi définie est un cube à faces centrées, d'orientation conforme à celle de l'édifice mimétique; les plans normaux aux diagonales des faces sont plans de symétrie puisque les strates paires sont symétriques; nous conclurons donc que si le motif de la boracite est orthorhombique, il y a sans doute un certain motif partiel qui a la symétrie du cube à faces centrées; c'est le réseau construit sur les points homologues de ce motif partiel qui, dans la macle, se prolonge à travers tout l'édifice complexe et qui subsiste dans la transformation paramorphique.

LITHOLOGIE. — *La signification des granulites de Bretagne et la genèse du cristallophyllien.* Note (1) de M. **Jacques de Lapparent**, présentée par M. Ch. Barrois.

Dans une Note précédente (2) j'ai dit quelles raisons me paraissaient probantes de l'âge antehercynien des micaschistes du Léon. Jean Jung, dans ses études sur les terrains anciens des Vosges, arrivait à une conclusion identique en ce qui concerne les gneiss et micaschistes d'Alsace. Aucun fait, d'autre part, ne paraît péremptoirement prouver

---

(1) Séance du 6 mars 1932.

(2) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 357.

qu'il y ait dans le cristallophyllien du Plateau Central français des gneiss et micaschistes d'âge hercynien.

On est ainsi conduit à cette idée que dans toute la partie de la chaîne armoricaine-varisque qui va de la Bretagne aux Vosges, il ne s'est pas développé de terrains cristallophylliens contemporains de cycles géotectoniques auxquels cette chaîne doit son existence. Étant données les idées que l'on se fait habituellement des transformations qui s'opèrent dans la zone profonde des aires plissées, le fait paraît assez singulier, et l'on ne peut manquer d'en rechercher la raison.

Il faut préciser tout d'abord que nous n'avons en vue que les paragneiss et les paramicaschistes. Nous ne voulons pas nous occuper ici de ce qui relève de l'ensemble des orthogneiss. Des granites déformés et transformés ont pu fournir un cristallophyllien qui serait d'âge hercynien ; mais, en ce qui concerne le Léon, la preuve en serait à faire et nous ne voulons pas examiner ici ce cas. D'autre part, il est entendu que la transformation des micaschistes du Léon en « gneiss granulitiques » est bien d'âge hercynien, mais il ne s'agit pas là de la métamorphose d'un matériel primitivement vierge.

Or l'observation minutieuse des micaschistes du Conquet met en évidence un fait qui me paraît éclairer le problème que je cherche à poser. Effectivement, on voit que les micas qui forment la matière essentielle de ces roches sont très intimement associés à de petits cristaux de tourmaline, cristaux couchés dans leurs plans de clivage comme il arrive habituellement en pareille occurrence. Nul doute que la production de cette tourmaline dans le micaschiste ne soit contemporaine de celle des micas auxquels elle est associée et, par conséquent, contemporaine de la naissance du micaschiste lui-même. Mais nous ne pouvons oublier que la tourmaline, borosilicate d'alumine à bases variées, est un minéral d'ultime métamorphisme. D'autre part nous savons, et nous observons dans la région bretonne en question, que les granulites véhiculent de la tourmaline; aussi en venons-nous à rapprocher l'idée de production des micaschistes et l'idée de mise en place des granulites.

Les micaschistes du Léon et la tourmaline qu'on y trouve, c'est le résultat d'une vieille affaire antehercynienne. A l'Hercynien, tout ce qui, subtilement, eût pu imprégner du matériel susceptible de produire des micaschistes s'est concentré pour faire de la granulite. La granulite hercynienne contenait en puissance le « para-cristallophyllien » de l'époque. Il est bien net d'ailleurs que, sous son action, les micaschistes se gneissi-

fient (gneiss granulitiques); mais s'étant injectée par lits ou s'étant concentrée en filons ou massifs elle n'a pas atteint le matériel vierge : de véritables micaschistes hercyniens n'ont donc pu prendre naissance.

Mais alors, du même coup, un nouveau et important problème se pose et c'est celui des rapports du granite et des schistes cristallins.

Nous ne voulons qu'en indiquer ici la donnée.

Des granites se trouvent, en Bretagne, en particulier dans le Léon, qui sont des temps hercyniens. Il est très net que la mise en place de ces granites est antérieure à celle des granulites : partout on voit la granulite recouper le granite. D'ailleurs, la granulite est, des roches granitiques, la plus tard venue non seulement dans cette partie de la chaîne hercynienne mais aussi en d'autres parties de celle-ci. Si les éléments de la granulite s'étaient dispersés en un terrain qui fût devenu cristallophyllien on eût eu, dans ce cristallophyllien, des granites qui seraient plus anciens que lui.

Cependant nous nous étions habitués depuis quelques années à cette idée que les granites situés parmi les schistes cristallins étaient comme des particularités de ces derniers. Peut-être faut-il renoncer à en juger ainsi et y a-t-il lieu de penser que dans les ensembles cristallophylliens c'est en terrain vierge que s'est d'abord opérée la mise en place des granites et que c'est seulement ensuite que les roches typiquement cristallophylliennes se sont constituées.

GÉOLOGIE. — *Découverte du Cénomanien transgressif fossilifère et nouveaux gisements turoniens dans la colonie du Niger (Matériaux géologiques rapportés par M. Auguste Chevalier).* Note de M. **Raymond Furon**, présentée par M. L. Cayeux.

Au cours de sa Mission de 1932, M. Auguste Chevalier a recueilli d'importants matériaux géologiques dans le Sahara, le Soudan et le Niger français. Parmi les documents dont l'étude m'a été confiée, j'ai identifié les premiers fossiles cénomaniens provenant du Niger et des fossiles turoniens provenant de gisements nouveaux.

Cénomanien et Turonien des régions voisines du Niger. — Dans le Sahara septentrional, les marnes bariolées et les grès appartenant au « complexe continental intercalaire » [1] (antecénomanien) sont recouverts par du Cénomanien (argiles vertes et rouges gypsifères et calcaires à *Neolobites*). Le Turonien est constitué par des argiles,

[1] C. Kilian, *C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, 1931, p. 109.

des dolomies et des calcaires à *Vascoceras*. En Nigeria, le Turonien comprend des argiles gypsifères et des calcaires à *Vascoceras*. Le Cénomanien est inconnu. Au Soudan, le Turonien paraît représenté par des sables et des argiles gypsifères ([1]).

Crétacé moyen du Niger. — Le Crétacé moyen du Niger a été étudié par A. de Lapparent ([2]), R. Chudeau ([3]), G. Garde ([4]) et récemment par la mission Fr. Rodd ([5]).

Le Turonien est représenté par des argiles gypsifères, des calcaires et des grès calcaires à *Vascoceras Cauvini* Chudeau, *Exogyra olisiponensis* Sharpe, *Exogyra columba* Lmk.

Au-dessous viennent des lumachelles, des argiles et des grès plus ou moins tendres à la surface desquels on a recueilli des ossements de Dinosauriens et des bois silicifiés (*Dadoxylon*). L'ensemble était simplement nommé Préturonien.

Des roches et des fossiles ont été recueillis par le capitaine Le Rumeur, dans la falaise d'Ouezeï, située à 225^{km} à l'ouest-sud-ouest d'Agadés et à 180^{km} au nord-est de Tahoua. Haute de 50^{m} environ, cette falaise est constituée par des grès, des argiles versicolores, des marnes et des calcaires. Au pied de la falaise affleurent des grès à ossements.

Vers la partie moyenne de la falaise, un certain nombre de fossiles *cénomaniens* ont été recueillis, parmi lesquels, je citerai particulièrement : *Neolobites* cf. *Vibrayeanus* d'Orb., *Strombus incertus* d'Orb., *Neithea æquicostata* Lmk. Les fossiles comparés à ceux des collections Pervinquière et C. Kilian montrent l'identité des faunes du Sahara et du Niger.

Le Turonien fossilifère était connu dans l'Adrar Tazerzaït, aux environs de Tamaia ([6]) et dans le Damergou. M. Chevalier a recueilli de nombreux échantillons de *Vascoceras Cauvini* et *Exogyra olisiponensis* entre Tahoua et In Gall. Un autre échantillon de *Vascoceras Cauvini* provient de Chinadrar (100^{km} nord-est de Tahoua, 350^{km} à l'ouest du Damergou et au sud de l'Adrar Tazerzaït).

([1]) V. PEREBASKINE, *Contribution à l'étude géologique du Soudan oriental* (*Publication de l'Agence générale des Colonies*, 1932, Thèse).

([2]) A. DE LAPPARENT, *Comptes rendus*, 136, 1903, p. 1297.

([3]) R. CHUDEAU, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 4e série, 9, 1909, p. 67.

([4]) G. GARDE, *Description géologique des régions situées entre le Niger et le Tchad et à l'est et au nord-est du Tchad* (Thèse, 1910).

([5]) FR. RODD, *Quart. J. geol. Soc.*, 86, 1930, p. 399.

([6]) CORTIER et LEMOINE, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 4e série, 9, 1909, p. 407; C. Kilian (*Au Hoggar*) semble pour la première fois ne pas mettre en doute l'existence du Cénomanien dans les régions soudanaises et à Tamaia en particulier.

Conclusions. — *a.* L'existence du Cénomanien marin, transgressif, au Niger, est démontrée par la présence d'un *Neolobites*, accompagné d'une faune tout à fait semblable à celle du Cénomanien du Sahara septentrional;

b. La découverte de nouveaux gisements de *Vascoceras* très éloignés de ceux précédemment décrits augmente l'extension géographique du Turonien fossilifère et permet de limiter plus exactement l'extension vers l'Est des affleurements du Crétacé supérieur et de l'Éocène.

c. La puissance du Turonien doit être d'autant plus réduite que la plupart des espèces qui y ont été recueillies appartiennent également au Cénomanien.

d. Le Cénomanien apparaît partout dans la falaise qui termine vers le Nord les plateaux turoniens.

GÉOLOGIE. — *Découverte de nouveaux gisements fossilifères dans le Potsdamien et l'Arenig inférieur de la Montagne Noire.* Note de M. **Marcel Thoral**, transmise par M. Ch. Jacob.

Dans la Montagne Noire, au Sud du Plateau Central, on observe la série complète des terrains primaires du Géorgien au Viséen inclus. Les différents étages, à l'exception du Potsdamien et du Dévonien inférieur, y sont, d'après les découvertes antérieures, bien datés par des fossiles caractéristiques. Au cours de mes dernières recherches, j'ai découvert dans le Potsdamien et l'Arenig inférieur des faunules trilobitiques, entièrement nouvelles pour notre région.

I. *Potsdamien.* — De Coulouma à Barroubio se voit la succession suivante :

1° A la base, les calcaires à *Archæocyathus* de l'Acadien inférieur;

2° Les calcschistes et les schistes de l'Acadien moyen;

3° Les grès, quartzites et schistes verts de l'Acadien supérieur; l'âge des formations 2 et 3 est prouvé par de beaux fossiles qu'on peut recueillir en abondance dans les gisements signalés par J. Miquel [1];

4° En concordance sur l'Acadien supérieur, se trouvent des schistes micacés, des psammites tendres, verts, tachés de rouille, au sein desquels

---

[1] *Bull. Soc. études Sc. nat.*, Béziers, 1893, 1894, 1895, 1910, 1912, et *Bull. Soc. géol. Fr.*, 4e série, 5, 1905, p. 465 à 483, pl. XV.

s'intercalent des grès calcarifères et des calcaires marmoréens. Cette formation n'a pas moins de 500 à 600m de puissance et constitue notamment la colline de la Darneyre au Nord de Barroubio. Bien qu'on n'ait jamais trouvé de fossiles déterminables dans cette épaisse série, on la rangeait dans le Potsdamien, parce qu'elle repose sur l'Acadien supérieur fossilifère et est subordonnée au Trémadoc;

5° Grès et schistes du Trémadoc inférieur dans lesquels J. Miquel a recueilli une faune étudiée en partie par Pompeckj (1).

J'ai eu enfin la chance de découvrir sept horizons fossilifères dans les grès de la Darneyre; tous m'ont fourni des tiges et des plaquettes hexagonales de *Cystidés*, en outre, dans deux d'entre eux, j'ai trouvé des moules de petits cranidium de *Trilobites*. J'ai soumis ces fossiles à deux spécialistes, Sir E. S. Gobbold et Sir Stubblefield. L'absence de joues mobiles n'a pas permis une détermination définitive; néanmoins, les Trilobites recueillis se placeraient dans un des trois genres *Peltura* Ang., *Cyclognathus* Linnrs ou *Beltella* Lake, qui caractérisent l'horizon supérieur du Potsdamien d'Angleterre et de Scandinavie (2). Ces fossiles, se trouvant à environ 30 et 50m en dessous de l'extrême base du Trémadoc inférieur, apportent une preuve paléontologique en faveur de l'âge potsdamien de la formation 4.

II. *Arenig*. — Les Grès à Lingules de l'Arenig inférieur affleurent aux environs de Lugné, dans la vallée de l'Orb; plus à l'Est, dans la vallée du Landayran, ils sont surmontés par les Schistes à *Amphion* qui représentent l'Arenig supérieur. Dans les grès on ne connaissait, jusqu'à ce jour, que des Brachiopodes : *Lingula Lesueuri* Rou., *L. Crumena* Phill., *Dinobolus Brimonti* Rou. J'y ai découvert, en 1932, un certain nombre d'horizons fossilifères :

1° Un horizon riche en « organismes problématiques » selon l'expression des anciens auteurs. En plusieurs points : dans le lit du Rieuberlou, route de Lugné, et près de l'Escougoussou, la surface des bancs de grès est couverte de pistes; on peut y recueillir en beaux exemplaires : *Cruziana Cordieri* Rou., *C. Goldfussi* Rou., *C. furcifera* d'Orb. (*Bilobites pseudofurcifera* Sap.), *C. Rouaulti* Lebesc., *Rysophycus Rouaulti* Lebesc., *Bilobites monspelliensis* Sap., etc., c'est-à-dire toutes les formes des « Grès armori-

(1) *Aus dem Tremadoc der Montagne Noire* (*Neues Jahrb.*, 1, 1902, p. 1).

(2) Westergård, *Sveriges Olenidskiffer* (*Sver. geologisk. undersök.*, série Ca, n° 18, 1922). Quelques échantillons de la Darneyre sont très voisins de *Cyclognathus micropygus* Linnrs, p. 178, pl. XVI, fig. 19 et 25.

cains » de Bretagne décrites par Marie Rouault, Lebesconte, de Saporta;

2° Un deuxième horizon est riche en *traces de Vers* (?) qui se détachent en brun sur le fond jaune et micacé de la roche;

3° Près du Pont de Saint-Nazaire de Ladarez, dans la vallée du Landayran, les derniers bancs de la formation gréseuse renferment une véritable lumachelle de fossiles divers : céphalothorax et pygidium de Trilobites (*Asaphidés* et *Calymenidés*), *Orthis*, *Orthoceras*, Lamellibranches, Gastéropodes, fragments de pédoncules de Crinoïdes, etc. Cet horizon est subordonné aux schistes à *Amphion* qui renferment en ce point des nodules siliceux fossilifères.

En résumé, mes dernières recherches font connaître l'existence : 1° d'une faunule trilobitique dans le Potsdamien et apportent pour la première fois une preuve paléontologique de l'existence de cet étage dans la Montagne Noire; 2° d'une faune importante, dans l'Arenig inférieur, qui souligne une remarquable identité de faciès entre les couches de ce sous-étage dans le Languedoc et en Armorique.

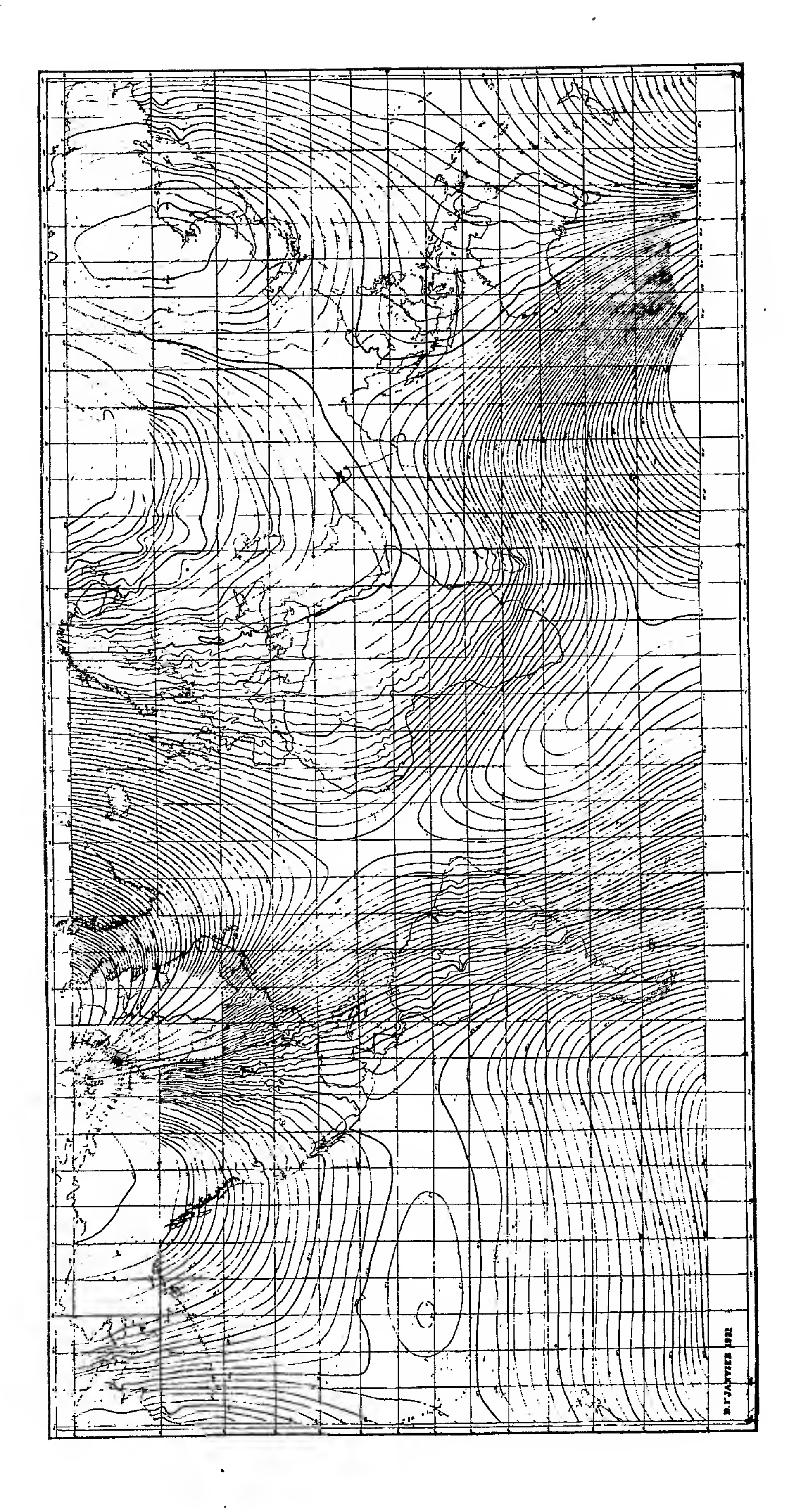
PHYSIQUE DU GLOBE. — *Déclinaison magnétique sur l'ensemble du Globe.* Note (1) de Mlle G. Homery, présentée par M. Ch. Maurain.

Les nombreuses questions qui sont posées au Bureau central français de Magnétisme terrestre obligent à tenir à jour la carte générale des déclinaisons. Le planisphère ci-après a été établi pour l'époque du 1er janvier 1931 et peut être utilisé pendant quelques années grâce à la carte des variations séculaires qui l'accompagne et qui pourra être régulièrement mise au courant tous les ans.

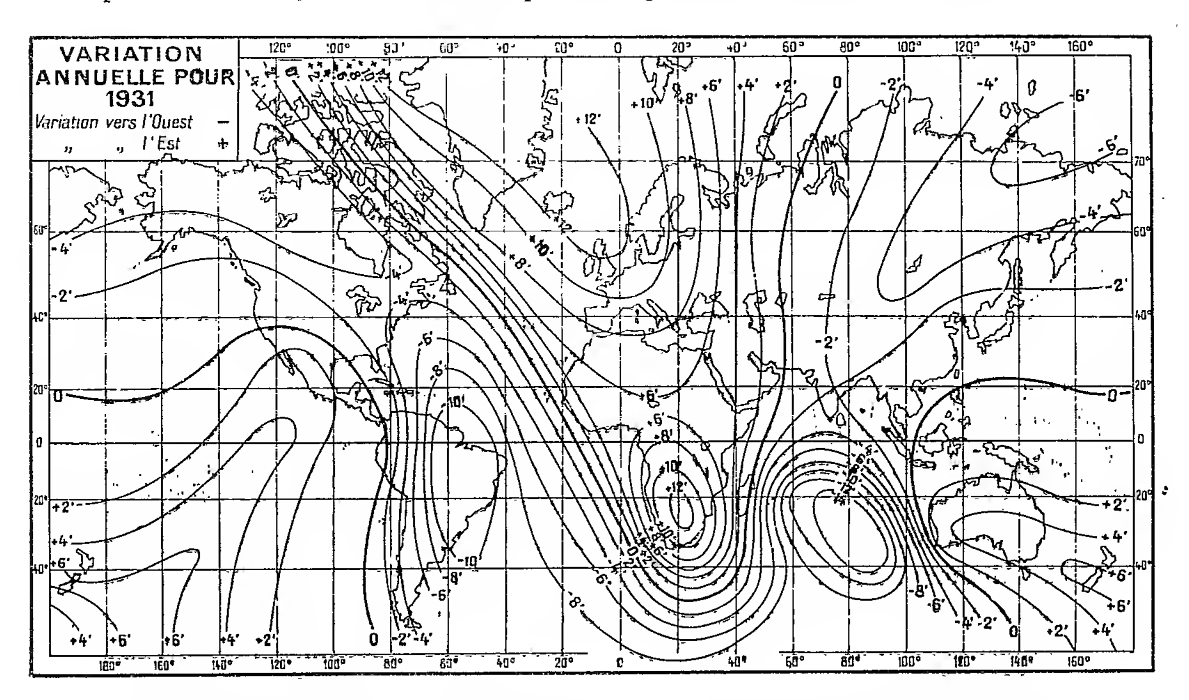
Les documents utilisés proviennent de sources de plusieurs natures : réseaux nationaux, observations éparses recueillies par divers services ou missions, travail d'ensemble de l'Institution Carnegie de Washington.

L'étude du magnétisme en Europe est très avancée et la plupart des pays européens possèdent aujourd'hui des réseaux exécutés à des époques différentes; il a été nécessaire, pour les juxtaposer, d'appliquer aux nombres publiés des corrections pour tenir compte de la variation séculaire entre la date du réseau et la date uniforme de 1931. Ces réductions ont été effectuées graphiquement à l'aide de cartes de variation établies pour chaque intervalle

(1) Séance du 20 février 1933.


JANVIER 1932

de temps; celles-ci sont bien connues en Europe grâce aux nombreux magnétographes en service. Pour l'Amérique, où des cartes magnétiques très détaillées ont été dressées aux États-Unis, au Canada, au Mexique, au Brésil, le même procédé de réduction a été appliqué et l'on a fait de même pour les régions d'Afrique et d'Asie où des réseaux nationaux, d'ailleurs peu nombreux, existent. Mais pour de grandes surfaces du Globe, d'un



abord plus difficile et où aucune étude complète n'avait été poursuivie, nous avons eu recours aux observations éparses recueillies par diverses missions. Parmi celles-ci il convient de noter spécialement les Missions de l'Institution Carnegie qui a entrepris une étude systématique et détaillée du magnétisme sur l'ensemble du Globe, tant sur les continents que sur les océans, et qui a accumulé ainsi une masse de données très précieuses.

Ces mesures, effectuées à des dates très diverses, ont été réduites individuellement à 1931; les valeurs résultantes se sont montrées bien d'accord avec l'ensemble des différents réseaux réduits à la même date et il a donc été possible de compléter le tracé des isogones sur l'ensemble du planisphère avec une exactitude qui paraît très satisfaisante. Il est évident cependant que la précision des tracés n'est pas de même ordre sur les océans que sur les continents où les stations sont beaucoup plus serrées : sur les terres on a

pu figurer des perturbations importantes s'étendant sur une certaine surface, mais il n'a pas été tenu compte des perturbations purement locales. Sur mer, les isogones ont été conduites d'une manière plus régulière. Il a paru commode, au point de vue des applications, de figurer les courbes correspondant à toutes les valeurs rondes exprimées en degrés.

Remarques au sujet de la Note précédente, par M. **Ch. Maurain.**

Le planisphère des déclinaisons magnétiques, établi par Mlle Homery, et que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie, est une suite à une série de cartes magnétiques établies au Bureau central français de magnétisme terrestre créé en 1921 près l'Institut de Physique du Globe de l'Université de Paris.

Il m'a paru qu'une des tâches de ce Bureau devait être de rassembler et de discuter les observations magnétiques faites dans les pays placés sous l'autorité française dans les diverses parties du monde, de les rapporter à une date convenable en tenant compte des variations séculaires, et, s'il était possible, d'établir des cartes. Sur ce plan a été fait un travail considérable, auquel je me suis intéressé constamment, mais dont l'exécution est due à M. L. Eblé, qui l'a dirigée, à Mme de Madinhac, et surtout à Mlle Homery. Ainsi ont paru, dans les *Annales de l'Institut de Physique du Globe et du Bureau central de magnétisme terrestre :* En 1924, *Éléments magnétiques dans l'Afrique du Nord*, avec cartes; *Déclinaison en Afrique occidentale et Afrique équatoriale françaises*, avec carte. En 1925, *Déclinaison en Indochine*, avec carte, et *Déclinaison à Madagascar*, avec carte. En 1926, *Déclinaison en Syrie*, avec carte. Ces cartes ont été rassemblées, avec d'autres concernant la France, l'Europe occidentale et l'ensemble du Globe, dans un petit Atlas magnétique.

A cette époque, l'exécution des calculs et des cartes relatifs au Nouveau Réseau magnétique de la France a pris tout le temps dont on pouvait disposer. Après la publication des mémoires et des cartes se rapportant à ce réseau (1929-1931), M. Eblé et Mlle Homery ont repris le travail de collationnement et de réduction des données magnétiques, non seulement en ce qui concerne les Possessions françaises (1) (pour lesquelles les mesures

(1) Une nouvelle carte de la déclinaison en Indochine, par Mlle Homery, est publiée dans le Tome XI des *Annales de l'I. P. G.*, 1933, p. 79.

exécutées par les officiers des armées de terre et de mer, les ingénieurs hydrographes et diverses missions et travailleurs isolés ont apporté dans ces dernières années de nombreux documents nouveaux), mais encore pour toute la Terre. C'est à l'aide de ces données qu'a été établi le planisphère de la déclinaison magnétique au 1er janvier 1931. Les isogones sont tracées avec plus de détail que dans les cartes analogues établies par des Services étrangers, telles que celles de l'Amirauté britannique et de l'Hydrographic Office des États-Unis.

La carte a été dessinée au 1/20000000e sur l'Équateur. Le Service Central Hydrographique a bien voulu en établir une photographie réduite à l'échelle de la carte marine 5716, qui est la carte mondiale de la déclinaison publiée par lui en 1930. Cette carte du Service Hydrographique est la reproduction de la carte américaine; mais M. l'Ingénieur hydrographe général Cot, chef du Service Central Hydrographique, m'a proposé de publier dorénavant, à partir de 1935,0, un planisphère de la déclinaison établi par l'Institut de Physique du Globe, c'est-à-dire reproduisant, en tenant compte de la variation séculaire, la carte présentée aujourd'hui à l'Académie. Je me suis empressé d'accepter cette proposition. Ainsi, dans l'avenir, par la collaboration du Service Central Hydrographique et de l'Institut de Physique du Globe, les Services, tels que ceux de la Marine et de l'Aéronautique, utilisant la Déclinaison magnétique, pourront être munis de cartes établies entièrement en France.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la part du rayonnement solaire diffusé par la voûte céleste, dans les sommes d'insolation.* Note de M. **Ladislas Gorczynski**, présentée par M. Ch. Maurain.

Occupé avec un travail concernant le climat solaire de la région méditerranéenne, basé sur les mesures pyrhéliométriques, solarimétriques et spectrographiques, j'ai été amené à établir la part du rayonnement solaire diffusé par la voûte céleste. Cet apport dans les sommes d'insolation en calories reçues par la surface horizontale, je l'ai déterminé récemment pour Varsovie, Nice et Tacubaya au Mexique. Il existe jusqu'ici très peu d'endroits pour lesquels on connaisse, outre des sommes globales d'insolation, les valeurs correspondantes pour le rayonnement diffusé par le ciel, Parmi ces rares observatoires citons : Paris (Observatoire géophysique du Parc Saint-Maur), Helsingfors, Sloutzk près Leningrad, Stockholm et Davos.

Pour les plaines, on a trouvé jusqu'ici que la part du rayonnement

diffusé est voisine de 40 pour 100 par rapport à la radiation globale reçue à la surface horizontale au cours de l'année. Plusieurs auteurs ont été tentés de regarder ce chiffre comme caractéristique pour l'ensemble des stations européennes, pas trop élevées par rapport au niveau de la mer.

L'objet de notre Communication est d'attirer l'attention sur le fait que la part de 40 pour 100 s'applique seulement aux stations ayant un certain régime au point de vue de la nébulosité. Par contre le chiffre en question ne saurait être retenu pour les régions spécialement favorisées par rapport à la durée d'insolation, surtout pendant l'hiver.

Tel est bien le cas pour la Côte d'Azur et aussi pour certaines stations de montagne moins visitées par les nuages bas, surtout en hiver

Il est vrai que l'étendue de ces endroits privilégiés n'est pas grande de sorte que l'apport voisin de 40 pour 100 du rayonnement diffusé s'applique en effet pour une écrasante majorité du territoire européen avec son ciel si souvent gris en hiver et fréquemment pluvieux en été.

Sans nous étendre sur le calcul assez long des sommes d'insolation et sur la détermination, plus laborieuse encore, du rayonnement diffusé, présentons seulement les résultats dans le tableau suivant :

TABLEAU I. — *Pourcentages du rayonnement diffusé par rapport aux sommes d'insolation (rayonnement global du Soleil et du Ciel).*

Pourcentages du rayonnement diffusé.					Sommes en cal/kg par centimètre carré de la surface horizontale.				
Hiver.	Print.	Été.	Autom.	Année.	Hiver.	Printemps.	Été.	Automne.	Année.
Helsingfors (lat. géogr. 60°, 2 N). D'après M. Lunelund.									
70	42	40	56	44	3,0	26,7	36,9	18,8	75,4
Sloutzk, près Leningrad (lat. géogr. 59°, 7 N). D'après M. Kalitine.									
61	40	35	55	40	3,2	24,3	34,0	7,9	69,4
Varsovie (lat. géogr. 52°, 2 N). D'après l'auteur.									
66	34	35	42	38	5,3	30,7	40,7	14,1	90,8
Paris-Saint-Maur (lat. géogr. 48°.8 N). D'après M. Brazier.									
51	41	31	48	38	8,7	32,5	40,6	16,6	98,4
Nice (lat. géogr. 43°, 7 N). D'après l'auteur.									
37	27	24	28	27	18,8	44,6	57,7	29,4	150,5
Tacubaya, haut plateau mexicain (lat. géogr. 19°, 4 N). D'après l'auteur. Altitude 2309^{m} au-dessus du niveau de la mer.									
26	43	45	39	39	36,3	49,7	36,4	32,1	154,5

Les données pour Paris-Saint-Maur furent établies d'après les Mémoires de M. Brazier, pour Helsingfors d'après M. Lunelund et pour Sloutzk d'après M. Kalitine.

Pour Nice, Tacubaya et Varsovie les données furent calculées d'après nos études sur place. Nos travaux furent facilités par la collaboration d'une part, du Dr D'Halluin et de M. Giacobini à Nice et, d'autre part, de M. Ostrowski à Varsovie et de M. Lemanski à Tacubaya.

Tandis que la part du rayonnement diffusé voisine de 40 pour 100 reste caractéristique pour des endroits aussi éloignés que Helsingfors et Paris, la Côte d'Azur accuse seulement 27 pour 100 pour l'année. Il est très intéressant de constater que la différence entre ces deux catégories de stations étant très prononcée en hiver et même d'octobre à mars, l'est beaucoup moins pendant la moitié plus chaude de l'année. L'Observatoire de Tacubaya, situé à une altitude de $2^{km},3$ dans la plaine montagneuse du Mexique central (sous une latitude intertropicale de $19^{\circ},4$N) accuse presque la même part annuelle voisine de 40 pour 100 comme la grande majorité des stations européennes. C'est la saison des pluies intermittentes d'été avec beaucoup de nuages blancs qui en est la cause.

Notre tableau numérique mérite le reproche que les périodes pour lesquelles les calculs furent établis ne sont pas les mêmes. C'est vrai, mais il n'eût été possible de faire autrement à l'époque actuelle avec un nombre si restreint des stations en cause. Pourtant si les sommes globales (en kg/cal) peuvent varier assez considérablement d'une année ou d'une saison à l'autre, les pourcentages du rayonnement diffusé sont beaucoup plus stables. En conclusion nous pouvons dire que si le pourcentage annuel de 27 pour 100 à Nice peut être légèrement modifié par les résultats ultérieurs, le fait que Nice a un pourcentage du rayonnement diffusé différent du reste de l'Europe, est acquis pour toujours. Non seulement la proportion des rayons diffusés y est moins élevée, mais les sommes de la radiation globale sont à Nice environ 100 pour 100 plus grandes qu'en Europe septentrionale à la latitude de 60° N. Par rapport à Paris la différence est de 50 pour 100 et à Varsovie de 60 pour 100 environ.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Valeurs des éléments magnétiques à la station du Val-Joyeux (Seine-et-Oise) au 1er janvier* 1933. Note de MM. **L. Eblé** et **G. Gibault**, présentée par M. Ch. Maurain.

Les valeurs des éléments magnétiques au 1er janvier 1933 ont été calculées, comme les années précédentes, en prenant la moyenne de toutes les valeurs horaires enregistrées au cours des mois de décembre et de janvier. Elles sont donc entièrement comparables avec celles qui ont été présentées antérieurement pour le 1er janvier 1932 et les différences représentent les variations séculaires des différents éléments.

Valeurs absolues et variations séculaires des éléments magnétiques à la station du Val-Joyeux.

(Latitude : 48°49′16″ ; Longitude : 2°0′52″ E. Gr.).

	Valeurs absolues pour l'époque 1933,0.	Variations séculaires.
Déclinaison	10°32′,5	—11′,0
Inclinaison	64°44′,1	+ 0′,4
Composante horizontale	0,19637	+0,00003
» verticale	0,41607	+0,00017
» Nord	0,19306	+0,00015
» Ouest	0,03593	—0,00061
Force totale	0,46008	+0,00016

La variation séculaire de la déclinaison est encore forte, tandis que celles des composantes horizontale et verticale, la première surtout, restent faibles.

BOTANIQUE. — *Recherches écologiques sur les fluctuations saisonnières de l'assimilation chlorophyllienne chez les plantes du maquis algérien.* Note de M. **Charles Killian**, présentée par M. Marin Molliard.

Mes recherches écologiques relatives à la transpiration des plantes du maquis [1] ont été complétées par l'étude des fluctuations saisonnières de leur assimilation : j'ai dosé, toutes les heures, l'absorption du CO^2, pen-

---

(1) Ch. Killian, *Recherches écologiques sur les fluctuations saisonnières de la transpiration chez les végétaux du climat méditerranéen* (*Bull. Soc. Bot. France*, 79, 1932, p. 460).

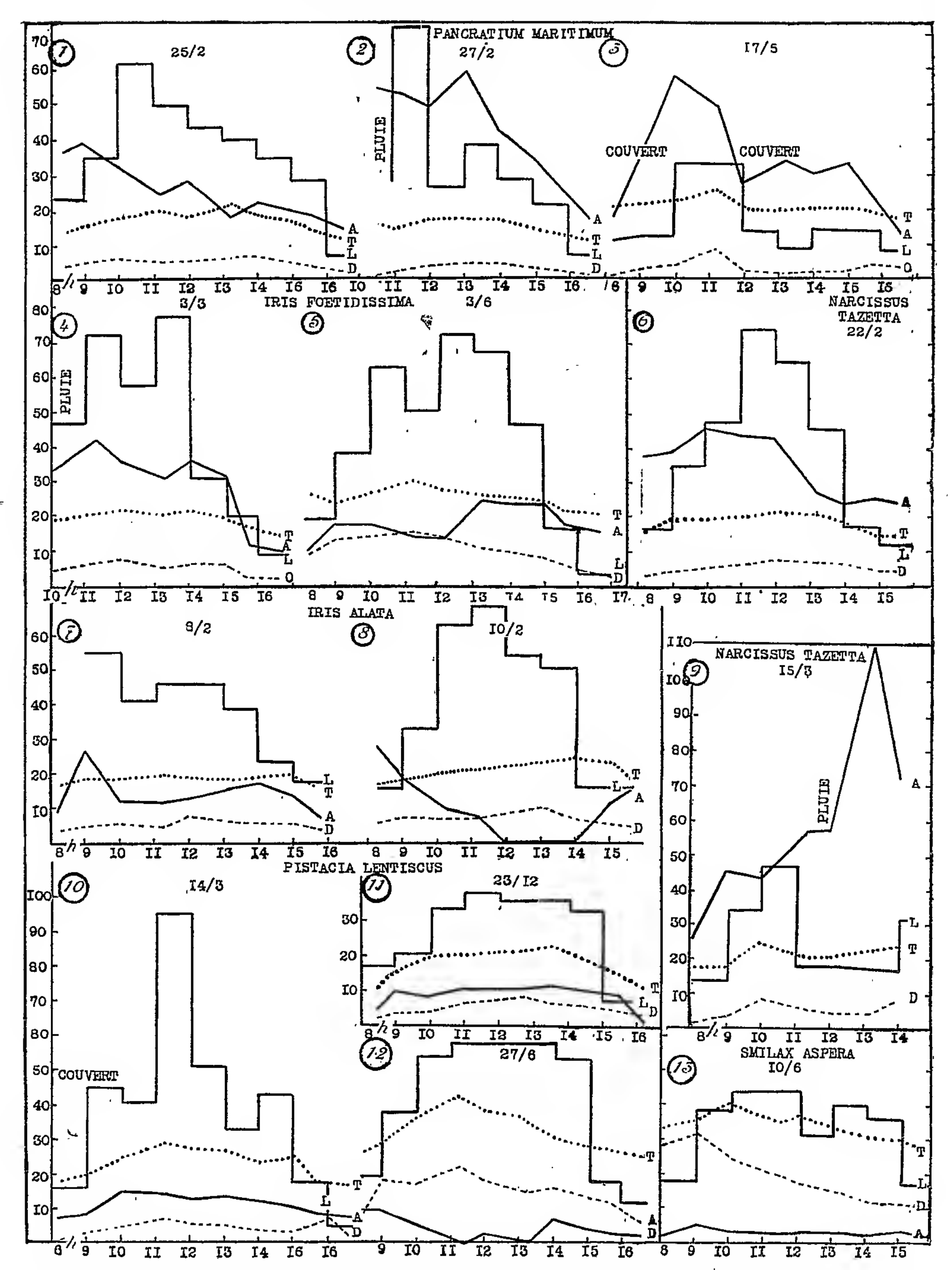


Fig. 1-13. — En *ordonnée :* mg CO^2 absorbé, L et dm² et 6′ (A); température dans le tube d'assimilation (T); déficit hygrométrique en mm Hg (D); somme de lumière : H, en unités relat. Eder (L). — En *abscisse :* l'heure.

dant 6 minutes, par des feuilles intactes principalement de Monocotylédonées héliophiles, en me servant de gazomètres Lundegårdh, placés dans leurs abris à un endroit ensoleillé du jardin botanique d'Alger. Parmi les espèces choisies, l'une (*Narcissus Tazetta*) végéte exclusivement pendant la saison humide, l'autre (*Pancratium maritimum*) résiste aux premières chaleurs, la troisième (*Iris fœtida*) endure l'été.

Or l'assimilation de ces plantes, très variable, même en hiver, suivant les conditions microclimatiques, est au maximum généralement le matin, dès l'apparition du soleil, à un moment où les courbes météorologiques ne font que hausser (*fig*, 1, 4, 6); tout particulièrement après les averses printanières, lorsqu'une lumière, temporairement intense, se combine avec une température moyenne et un déficit hygrométrique bas (*fig*. 2, 4, 9); elle est au minimum par un temps couvert et froid et peut alors présenter des valeurs négatives avant le coucher du soleil. Mais dès le mois d'avril l'augmentation de la température et du déficit hygrométrique contrebalancent l'effet stimulant des averses sur l'assimilation; son maximum est atteint le matin plus tôt. Il se maintient d'ailleurs d'autant plus élevé que l'espèce est moins résistante aux conditions estivales : *Narcissus* vient en tête (*fig*. 9), suit *Pancratium* (*fig*. 3). Ce dernier, relativement charnu (degré de succulence, 3,6 pour 100), contraste avec *Iris fœtida*, plus sec (degré de succulence, 1,25 pour 100), dont l'assimilation est en même temps plus faible et plus constante (*fig*. 5).

A toutes ces espèces s'oppose *Iris alata*, sciophile, où une élévation relativement insignifiante de la température et du déficit hygrométrique dépriment au-dessous de 0 l'intensité de la photosynthèse (*fig*. 8); il se fane d'ailleurs au soleil. Son assimilation est normale par temps couvert et humide (*fig*. 9).

Quant aux sclérophylles, à degré de succulence au-dessous de 1 pour 100, leurs courbes d'assimilation [et aussi de transpiration ([1])] sont toujours moins élevées et plus uniformes que chez les Monocotylédonées bulbeuses; elles présentent des relations nettes avec les courbes météorologiques exclusivement chez les espèces héliophiles. Ainsi chez le *Pistacia lentiscus*, dont l'assimilation est au maximum en mars, après les pluies (*fig*. 10), au minimum en hiver (*fig*. 11); il est plus résistant aux températures voisines de 30° que les mésophytes; seules les conditions extrêmes, réalisées par le temps de siroco, dépriment le niveau de ses courbes (*fig*. 12).

([1]) *Loc. cit.*

Ruscus hypophyllus, sciophile, transpire et assimile moins que le précédent, surtout ses jeunes feuilles, en novembre; au printemps elles résistent mieux au soleil. Mêmes caractères chez *Smilax aspera* (*fig.* 13, étudié par siroco) et *Aristolochia altissima*, sciophiles.

Entre ces sclérophylles et monocotylédonées bulbeuses se placent finalement, par rapport à leur assimilation et leur transpiration, les hémicryptophytes d'hiver, tel que *Kundmannia sicula*.

PHYSIOLOGIE. — *Le rôle des vitamines* B *dans l'utilisation des glucides par l'organisme du Pigeon. Action comparée du lévulose, du glucose, du galactose et de quelques disaccharides (holosides) incorporés dans des régimes équilibrés, riches en lipides.* Note de M. **Raoul Lecoq**, présentée par M. A. Desgrez.

En 1927, nous avons montré avec M[me] L. Randoin, au moyen de régimes artificiels privés de vitamines B et contenant une forte proportion de glucides (66 pour 100), que les accidents polynévritiques et la mort surviennent d'autant plus vite chez le Pigeon que l'absorption intestinale du glucide utilisé est plus rapide et l'hyperglycémie provoquée plus forte. Quand le glucide est du galactose ou du lactose, le régime ne peut être complété, comme dans les autres cas, par une addition même assez élevée de vitamines B, celles-ci étant données sous forme de levure (1).

Également avec M[me] Randoin, nous avons proposé, en 1931, pour l'étude de l'avitaminose B, un nouveau régime, riche en lipides et ne renfermant que 35 pour 100 de glucides. Ce « régime B », complété par une proportion satisfaisante de levure, permet une assez bonne utilisation du galactose et du lactose par l'organisme du Pigeon. Nous avons établi en outre que : protéides et lipides restant les mêmes et n'exigeant, par conséquent, que des doses identiques de vitamines B pour leur utilisation propre, la quantité de levure minima nécessaire pour compléter la ration varie avec la nature du glucide. Par rapport au maltose, le glucose exige sensiblement une addition double de vitamines B (2).

Ayant repris et étendu systématiquement ces expériences, il nous est possible de comparer aujourd'hui les résultats obtenus en introduisant

(1) M[me] L. Randoin et R. Lecoq, *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1347; **188**, 1929, p. 1188; *C. R. Soc. Biol.*, **101**, 1929, p. 355.

(2) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 444; *C. R. Soc. Biol.*, **108**, 1931, p. 1041.

dans le régime B soit des hexoses, comme le *lévulose*, le *glucose*, le *galactose*, soit des disaccharides (holosides), comme le *saccharose*, le *maltose* et le *lactose*, dont les produits d'hydrolyse se trouvent constitués précisément par ces divers hexoses.

Rappelons la composition centésimale du régime B :

Caséine purifiée	8
Fibrine purifiée	8
Ovalbumine purifiée	8
Graisse de beurre	8
Saindoux	18
Glucide pur	35
Mélange salin d'Osborne et Mendel	5
Agar-agar	8
Papier filtre	2

La ration fut donnée, *par gavage*, à la dose de 20^g par jour, à des Pigeons adultes de 350^g environ, soit pure, soit additionnée de levure de bière sèche, bonne source de vitamines B, à la dose de 0^g,15, 0^g,25, 0^g,35, 0^g,50, 1^g et 2^g. Le poids et la température furent déterminés quotidiennement.

L'essentiel de nos résultats se trouve résumé dans le tableau suivant, donnant en jours ou en mois la durée de survie des animaux :

Nature de glucide utilisé.	Dose quotidienne de levure de bière sèche.						
	0^g.	0^g,15.	0^g,25.	0^g,35.	0^g,50.	1^g.	2^g.
			I. — *Hexoses.*				
Lévulose	20-30 j.	40-60 j.	> 6 m.	> 6 m.	> 6 m.	> 6 m.	> 6 m.
Glucose	20-30 j.	20-30 j.	30-45 j.	65-85 j.	> 6 m.	> 6 m.	> 6 m.
Galactose	35-50 j.	35-50 j.	40-55 j.	45-60 j.	4 à 5 m.	70-90 j.	35-50 j.
			II. — *Holosides.*				
Saccharose	20-30 j.	20-30 j.	5 à 6 m.	> 6 m.	> 6 m.	> 6 m.	> 6 m.
Maltose	20-30 j.	20-30 j.	> 6 m.	> 6 m.	> 6 m.	> 6 m.	> 6 m.
Lactose	25-50 j.	35-50 j.	4 à 5 m.	> 6 m.	4 à 6 m.	3 à 4 m.	60-90 j.

Interprétation et conclusions. — 1° Les Pigeons recevant un régime équilibré, renfermant 35 pour 100 de glucides, 26 pour 100 de lipides, 24 pour 100 de protéides et privé de vitamines B, ne répondent à l'addition de levure qu'au delà d'une dose limite indispensable ; une addition supérieure à cette dose se traduit par une prolongation de la survie des animaux variant grandement avec la nature des glucides présents dans la ration.

2° Dans les conditions de l'expérience, les hexoses nécessitent pour être

utilisés par l'organisme du Pigeon, un apport de vitamines B en relation avec leur rapidité d'absorption intestinale et l'importance de l'hyperglycémie provoquée [d'après les données de Cori, Reinhold et Karr (1)] : galactose > glucose > lévulose. Il se peut que la fonction cétone du lévulose s'oppose ici à la fonction aldéhyde du glucose et du galactose. Ainsi que nous le savions déjà, le galactose n'apparaît utilisable que dans des conditions d'équilibre strict, où la quantité de vitamines B intervient aussi bien *par excès* que *par défaut*.

3° Dans le groupe des disaccharides (holosides), c'est le maltose (susceptible de donner par hydrolyse 2^{mol} de glucose) qui exige le moindre apport de vitamines B concomitant, alors que le saccharose (se dédoublant en glucose et lévulose) en requiert un peu plus. Le lactose, comme le galactose, s'accommode mal d'un excès de vitamines B.

4° Lorsque les hexoses sont engagés dans des combinaisons complexes (comme dans les disaccharides), leur action propre semble s'atténuer; toutefois, la présence du galactose (sucre peu fermentescible) transparaît nettement dans le lactose.

EMBRYOGÉNIE. — *La formation de la coquille de l'œuf chez les* Phasmidæ. Note de M. **P. Cappe de Baillon**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

La structure parfois si complexe de la coquille de l'œuf des Insectes est l'œuvre d'une assise souvent unique de cellules : l'épithélium folliculaire. L'activité de l'épithélium folliculaire s'exerce dans des conditions spéciales chez certains Phasmes.

Le capitulum globuleux qui surmonte l'opercule de bon nombre d'œufs (*Phobæticus*, *Carausius*, *Menexenus*, etc.) débute par la formation d'une columelle de chorionine, sécrétée par les éléments de l'épithélium folliculaire. Sur cette columelle, chaque cellule épithéliale édifie ensuite une sorte d'alvéole, étroite et profonde, dont les parois demeurent partiellement fusionnées avec les parois des alvéoles voisines. Puis l'ouverture des alvéoles est obstruée par une masse de chorionine poreuse, recouverte elle-même d'une couche homogène qui donne au capitulum achevé son aspect lisse et brillant.

Durant ce travail, la cellule épithéliale a changé plusieurs fois de forme :

(1) C. F. Cori, *Journ. of biol. Chem.*, **66**, 1925, p. 691; J. G. Reinhold et W. G. Karr, *Journ. of biol. Chem.*, **72**, 1927, p. 345.

prismatique au début, elle est devenue pavimenteuse, puis lamellaire. Le noyau a subi les déformations du corps cellulaire. Allongé dans le grand axe de la cellule prismatique, il s'est pelotonné en torsade à tours de spire de plus en plus serrés à mesure que la cellule diminuait de hauteur (1), et quand, le capitulum terminé, l'épithélium s'est trouvé réduit à une lame superficielle, le noyau a repris son extension, mais dans le plan de la lame cellulaire. Il affecte indifféremment la forme d'un S, d'un U ou d'un anneau ouvert.

Dans l'édification d'un capitulum, chorionine homogène, chorionine tubulaire, chorionine poreuse résultent bien de l'activité sécrétrice d'une seule cellule, mais cette activité est continue : à aucun moment la cellule épithéliale ne cesse d'être en contact avec la chorionine élaborée. Il n'en est plus de même quand la sécrétion du chorion doit se faire en deux temps, séparés par un intervalle plus ou moins long de repos forcé. Tel est le cas pour certains ornements, comme la collerette de l'œuf des *Trachythorax*, qui est formée à la surface de la coquille et ne se déploie qu'après la ponte; ou encore pour les vésicules latérales des œufs de *Perisceles;* mais surtout pour la double paroi de l'œuf de certains *Carausius*. Les deux parois sont distinctes et séparées par un intervalle de plusieurs dixièmes de millimètre. Comment une assise unique de cellules folliculaires parvient-elle à édifier cette double coque? La solution du problème est élégante, en voici le principe.

L'épithélium folliculaire commence par élaborer à la surface du vitellus une première coquille, mais en conservant, toutefois, sa forme prismatique, car son travail est de courte durée. Pendant ce temps, sous la mince pellicule qui recouvre sa face extérieure, il se dédouble par endroits et forme quelques plis longitudinaux de peu d'étendue. A un moment donné — par un effet de l'endosmose, sans doute — la pellicule de revêtement se rompt, et l'épithélium folliculaire déplissé se gonfle en une sorte de ballonnet, au centre duquel est suspendu l'ovule entouré de la première coquille. L'épithélium entre alors dans la seconde phase de son activité. Brusquement séparé de la chorionine qu'il vient d'élaborer, il reprend où il est le travail interrompu, et commence à édifier la seconde coquille. Celle-ci terminée,

(1) Dans cet état de compression longitudinale, le noyau offre souvent, spécialement dans les coupes, des aspects qui rappellent de près l'amitose. Condensation chromatique et étranglements sont des phénomènes d'ordre purement mécanique; ils cessent avec la cause qui les a produits, et ne sont pas suivis de la division de la cellule.

les deux parois de l'œuf n'ont plus entre elles que deux points de contact : le premier, au niveau de l'opercule; le second, dans la région micropylaire. Opercule et appareil micropylaire sont d'ailleurs eux-mêmes à double paroi.

Les dispositifs pneumatiques sont assez fréquents chez les Orthoptères (*Phasgonuridæ* et *Gryllidæ*); l'œuf à double paroi est rare; il est donc difficile de dire si le mode de formation ci-dessus décrit est général ou propre à quelques espèces seulement.

BIOLOGIE. — *Sur la mue des* Leander serratus *parasités par* Bopyrus Fougerouxi. Note de Mme **Louise Nouvel**, présentée par M. Ch. Gravier.

A. Giard et J. Bonnier ont affirmé que les Crustacés décapodes infestés par des Épicarides ne muent plus, ou bien, s'ils continuent à muer, ce n'est que durant la période où l'Épicaride n'a pas encore atteint sa maturité sexuelle.

Ch. Pérez a signalé la présence de sperme dans les oviductes d'une femelle de *Xantho floridus*, infestée par de gros *Cancricepon pilula* adultes. Cette présence prouve qu'il vient de se produire une mue. Cette dernière se serait donc produite chez un hôte porteur de parasites adultes. E. Caroli a remarqué que la présence de *Bopyrus squillarum* adulte sur *Leander squilla* ne supprimait pas la mue de la Crevette.

Des recherches effectuées au Laboratoire maritime de Roscoff m'ont permis de préciser les résultats de E. Caroli, j'ai pu isoler et observer un bon nombre de *Leander serratus* parasités par *Bopyrus Fougerouxi*. Les Crevettes ont été mesurées au préalable à l'aide d'un dispositif permettant d'évaluer la taille à $0^{mm},5$ près.

Dans le tableau qui suit, je ne signale que quelques cas de mues successives, parmi ceux observés durant les mois de juillet à septembre.

De l'examen de ce tableau, il résulte que : 1° le parasitisme chez ces Décapodes *Natantia* n'entrave aucunement la persistance de la mue, même lorsque le stade de maturité du Bopyrien est atteint; 2° si l'on compare ces chiffres à ceux que j'ai donnés dans une Note antérieure (*Bull. Soc. Zool. France*, 58, n° 1), on constate que la fréquence des mues est sensiblement la même et que la croissance des *Leander* porteurs de Bopyriens s'effectue normalement.

Taille en mm.	Hôtes. Première mue. t.	T.	A (1).	Deuxième mue. t.	T.	A.	Troisième mue. t.	T.	A.	Parasites. Observations.
	jours			jours			jours			
28,5.....	2	32	3,5	10	34	2	–	–	2	Bopyrien au stade jeune.
42,5.....	4	45	2,5	–	–	–	–	–	–	Bopyrien adulte chargé d'œufs.
50,5.....	5	53,5	3	14	55	1,5	15	56	1	
51,5.....	12	53,5	2	15	55	1,5	–	–	–	
53,5.....	8	55,5	2,5	14	56,5	1	16	57	0,5	
57,5.....	13	59	1,5	17	60	1	–	–	–	
62.......	3	64	2	16	65	1	17	66	1	

C'est donc que : *a*, l'espace de temps entre deux mues successives varie de 10 à 20 jours suivant la taille de l'animal; *b*, la croissance dont le taux est inférieur à celui qui a été observé chez les autres Arhtropodes obéit à une loi qui n'est pas une progression géométrique.

Conclusion. — Le taux de croissance et la fréquence de la mue chez les *Leander* parasités ne sont aucunement influencés par la présence du Bopyrien.

CULTURE DE TISSUS. — *La culture pure du syncytium vitellin ombilical de l'embryon de Poulet. Les premiers stades.* Note de M. **J. André Thomas**, présentée par M. F. Mesnil.

La vésicule ombilicale de l'embryon de Poulet est revêtue d'un syncytium qui joue un rôle physiologique important : il absorbe le vitellus au profit de l'embryon. J'ai cherché à obtenir la culture pure de ce tissu éphémère afin d'étudier ses propriétés *in vitro*.

Si l'on explante des fragments de sacs vitellins âgés de 30 heures jusqu'à 9 jours, prélevés au niveau de l'aire vasculaire, on obtient des cultures à croissance rapide et importante. Mais il est extrêmement difficile de réussir à les continuer, à cause de leur très grande activité protéolytique, comme j'ai pu m'en rendre compte au cours d'essais très nombreux. Divers artifices

(1) t = temps, T = taille, A = accroissement.

Remarque. — Le temps donné pour la première mue indique le nombre de jours écoulés entre la capture et la première mue en aquarium. Les autres colonnes de temps indiquent le nombre de jours écoulés entre deux mues successives.

techniques ne donnent guère plus de succès (emploi de plasma hétérologue, raréfaction du jus embryonnaire, culture en présence d'autres tissus). Les cellules, après avoir digéré d'abord le vitellus dont elles sont chargées, liquéfient le milieu de culture, puis leur propre cytoplasme en commençant par la zone active de la cellule, à un pôle du noyau.

Il n'en est pas de même si l'on s'adresse à la partie de la vésicule ombilicale située en dehors de l'aire vasculaire; l'activité protéolytique du syncytium est là, en effet, beaucoup moins considérable. On peut obtenir de très belles cultures en ensemençant en goutte pendante, dans un mélange de plasma et de jus embryonnaire de Poulet, des fragments de sac vitellin âgé de préférence de 3 à 6 jours, prélevés en dehors du sinus marginal. Toutefois il convient d'étaler les fragments à la surface de la goutte, au début de la coagulation; or, c'est le procédé de choix pour la culture des épithéliums.

Dans de telles conditions, on provoque la prolifération très rapide des éléments cellulaires du syncytium. Ceux-ci s'étalent bientôt à la surface du plasma en une seule couche, et se disposent sous forme d'une membrane homogène entourant l'explant. Tout d'abord, la membrane d'invasion est nettement limitée par un bord arrondi en général, ou formé de lobes arrondis ou anguleux. Les caractères histiotypiques de cette membrane sont en tous points épithéliaux. Cependant, la croissance est si rapide que les cultures peuvent être repiquées le deuxième jour d'incubation à 38°. Elles peuvent atteindre, le troisième jour, plus d'un centimètre dans leur plus grande dimension. Elles sont constituées de cellules vitellines de très grande taille qui s'individualisent et se séparent les unes des autres. Dans les cultures particulièrement denses, les cellules sont polyédriques, se touchant ou laissant entre elles un espace faible; elles forment de la sorte une mosaïque épithéliale. Mais le plus souvent les cellules sont largement espacées. Cet espacement ne fait qu'augmenter au cours de l'évolution des cultures dont il traduit une des propriétés fondamentales. Les cellules tendent toujours à occuper la plus grande surface possible de plasma, ce qui correspond très probablement à leur extension physiologique autour du deutoplasme. Le bord épithélial est alors rompu et les cellules émigrent individuellement dans le plasma.

La très grande taille et l'espacement des cellules permettent d'observer celles-ci une à une; on peut donc se rendre compte d'une façon absolue de la pureté des cultures. Or, il est particulièrement intéressant de constater que l'énergie de croissance considérable du syncytium assure elle-même la purification des cultures, même si l'on ensemence les villosités à axes

conjonctivo-vasculaires des sacs vitellins âgés, sans qu'il soit besoin d'appliquer des procédés de sélection physiologique. Après deux ou trois passages, l'explant se réduisant particulièrement vite, on peut vérifier que la culture est pure. Ces modes de croissance et d'évolution sont valables pour les premiers passages, tant que les cellules sont riches en inclusions vitellines. Les phénomènes ultérieurs sont différents.

Il est donc possible d'obtenir la culture pure du syncytium vitellin ombilical de l'embryon de Poulet. La croissance rapide et importante des cultures se poursuit, tant qu'elles sont chargées de vitellus, sous forme d'une membrane épithéliale composée de cellules de très grande taille et éloignées généralement les unes des autres.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Contribution à l'étude des hétérosides de* Philyrea latifolia *L.* (*Oléacées*). Note de Mlle **A. Kramer**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'étude de *Philyrea latifolia* L. fut commencée en 1836 par Carboncelli qui en isola un principe cristallisé : la philyrine. En 1855, C. Bertagnini et G. Luca reprirent l'étude de ce principe. Ils en reconnurent la constitution hétérosidique et lui assignèrent une formule brute. Mais l'exactitude de cette dernière fut contestée en 1886 par J. F. Eykmann qui en proposa une autre. Aucune des formules ne fut vérifiée ultérieurement; toutes les deux figurent dans la littérature. Nous avons repris l'étude de la philyrine ébauchée par les auteurs précédents.

L'écorce des branches de *Philyrea* est épuisée par l'alcool bouillant; après la distillation de ce dernier, le liquide aqueux est agité avec l'éther et déféqué par la magnésie; la masse fluide obtenue est desséchée et pulvérisée; la poudre est épuisée par l'alcool bouillant; la liqueur alcoolique est évaporée à sec et le résidu est repris par l'eau bouillante. La solution aqueuse concentrée, saturée d'éther, laisse cristalliser rapidement l'hétéroside [1].

Ce principe que nous appellerons philyroside, conformément à la nouvelle nomenclature, cristallise en tablettes réfringentes. Il est pratiquement insoluble dans l'eau froide. Il renferme 4,76 pour 100 d'eau de cristallisation. Il fond nettement à + 162° au bloc Maquenne.

[1] Pour les détails sur la préparation et les propriétés, voir *Thèse de l'Université de Paris*, 1933.

Il est *dextrogyre* en solution dans l'alcool à 95°, $[\alpha]_D = +46°,71$ (calculé pour le produit anhydre).

L'hydrolyse sulfurique fournit $33^g,92$ pour 100 de glucose et un produit de dédoublement non glucidique, le philygénol, qui est attaqué dans ces conditions.

Nous avons prouvé, contrairement à l'opinion de G. Bertagnini et G. Luca, que le philyroside est hydrolysé par l'émulsine et reste inattaqué par le ferment lactique. L'hydrolyse par l'émulsine, réalisée par la méthode de M. Bridel, est complète; elle fournit $33^g,89$ pour 100 de glucose et $69^g,7$ pour 100 de philygénol, très pur et cristallisé.

Le philyroside est également hydrolysé par la poudre d'*Aspergillus niger*. L'hydrolyse est très rapide; elle fournit les mêmes produits que l'action de l'émulsine.

Par contre, le philyroside n'est pas hydrolysé par la levure basse séchée à l'air, préparée suivant la méthode de Em. Bourquelot, H. Hérissey et M. Bridel.

Le philyroside répond à la formule $C^{27}H^{34}O^{11}$, proposée par C. Bertagnini et G. Luca.

Le philygénol préparé par hydrolyse diastasique cristallise en petits prismes rectangulaires, très aplatis. Il est légèrement amer. Au bloc Maquenne, il fond à + 134°,5.

Il est fortement dextrogyre. Son pouvoir rotatoire, déterminé dans l'alcool à 95°, est de $[\alpha]_D = +121°,70$.

Il répond à la formule $C^{21}H^{24}O^{6}$, en accord avec celle établie par C. Bertagnini et G. Luca.

La formule $C^{27}H^{34}O^{11}$ pour l'hétéroside et celle de $C^{21}H^{24}O^{6}$ pour le produit non glucidique se trouvent ainsi confirmées. La formule proposée par J. F. Eykmann ($C^{26}H^{32}O^{11}$) doit être définitivement rejetée.

Opérant sur le philygénol préparé par hydrolyse diastasique, nous avons pu caractériser une fonction phénol libre et trois fonctions ester méthylique. Nous n'avons décelé aucune des fonctions aldéhyde, cétone, carboxyle, ni de double ou triple liaisons.

La fusion alcaline du philygénol nous a permis d'isoler de l'acide protocatéchique, caractérisé par ses propriétés physiques et chimiques.

La distillation sur la poudre de zinc et l'oxydation chromique et permanganique n'ont pas permis d'isoler de produits définis.

En poursuivant les recherches sur l'écorce de *Philyrea latifolia* L. nous avons pu en extraire une deuxième hétéroside. Ce principe n'avait pas été isolé avant nous de *Philyrea*.

Cet hétéroside cristallise en belles aiguilles soyeuses. Il renferme 4,60 pour 100 d'eau de cristallisation. Son pouvoir rotatoire en solution aqueuse est de $[\alpha]_D = -17°,5$ (calculé pour le produit anhydre). Au bloc Maquenne, il fond à 189°-190° (anhydre). Il répond à la formule $C^{17}H^{24}O^9$.

Il est hydrolysé par l'acide sulfurique à 3 pour 100 et par l'émulsine, en donnant du *d*-glucose et un produit de dédoublement non glucidique qui est attaqué au cours de l'hydrolyse acide.

Le produit de dédoublement non glucidique, préparé par l'action de l'émulsine, se présente sous la forme d'une masse jaune, dans laquelle le microscope ne révèle pas de cristaux bien formés. Son point de fusion n'est pas net. Il répond à la formule $C^{11}H^{14}O^4$.

La fusion alcaline de ce produit fournit un homologue du pyrocatéchol. Nous avons pu caractériser en outre deux fonctions hydroxyle libres, deux fonctions méthoxyle et une double liaison éthylénique.

Nous avons identifié ce deuxième hétéroside de *Philyrea latifolia* L. au syringoside (autrefois syringine).

Le *Philyrea latifolia* L. renferme donc, à côté du philyroside (philyrine de Carboncelli), du syringoside, principe très répandu dans la famille des Oléacées.

Nous avons également isolé le Syringoside à partir de *Philyrea decora* L.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Contribution à l'étude biochimique du genre* Salix. V. *Sur l'isosalipurposide*. Note de MM. **C. Charaux** et **J. Rabaté**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons déjà indiqué [1] que l'écorce de *Salix purpurea* L. renferme, à côté du salicoside, un hétéroside nouveau, le salipurposide ou déhydrophloridzoside. Cet hétéroside est incolore, mais nous avons remarqué que, dans les écorces assez âgées, la face interne du liber (cambium) est tapissée d'une couche très mince jaune d'or. Cette coloration est produite par un hétéroside nouveau, qu'en raison de ses propriétés chimiques, nous avons nommé *isosalipurposide*.

Choix du matériel d'étude. — On peut détacher au couteau la portion jaune d'or de la zone cambiale et, pour cela, on doit s'adresser à des écorces très âgées. Chez les arbres de cent ans et plus, la couche riche en hétéroside

---

(1) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 13, 1931, p. 588.

jaune est assez épaisse. On arrache l'écorce, puis on détache au couteau la portion jaune qui est, au plus, épaisse de 1mm. Nous avons pu préparer 200g d'écorce sèche ainsi enrichie en isosalipurposide.

Un second procédé consiste à effectuer, au printemps, une décortication annulaire allant jusqu'au bois et large de 5mm. En automne, on recueille la portion supérieure de l'annulation. Le bourrelet, fourni par la stase de la sève élaborée, est très riche en isosalipurposide : on sépare au couteau, comme précédemment, la portion corticale jaune.

Séparation. — Nous nous sommes attachés à effectuer toute la préparation à une température aussi basse que possible pour éviter l'isomérisation du salipurposide : toutes les opérations ont été faites à une température inférieure à $+40°$: le salipurposide ne commence à s'altérer qu'à partir de 110°.

La poudre est lixiviée à l'éther saturé d'eau pendant 4 heures dans une allonge de Soxhlet. On laisse la solution éthérée au repos pendant 10 jours. Il se forme une croûte cristalline composée de cristaux incolores en fines aiguilles (salipurposide) et de larges cristaux prismatiques jaune d'or (isosalipurposide). On décante alors l'éther; les cristaux, finement pulvérisés, sont triturés à froid avec de l'acétone anhydre qui s'empare de l'isosalipurposide. La solution acétonique est évaporée à sec dans le vide et les cristaux sont triturés de la même façon avec de l'alcool absolu glacé qui laisse indissous une petite quantité de salipurposide. Finalement, la solution alcoolique d'isosalipurposide ayant été évaporée à sec, la masse cristalline est reprise par l'eau chaude qui abandonne, par refroidissement, de magnifiques cristaux jaune d'or d'isosalipurposide. D'autre part, les produits insolubles dans l'acétone et dans l'alcool absolu nous ont fourni, après purification, le salipurposide pur.

Les rendements varient avec la richesse de la poudre d'écorce employée. Nous avons pu obtenir jusqu'à 3g d'isosalipurposide pur par 100g de poudre sèche.

Propriétés physiques. — L'isosalipurposide forme des cristaux jaunes, sans odeur, ni saveur, presque insolubles dans l'eau froide; il est très soluble dans l'eau bouillante, dans l'alcool absolu et l'acétone anhydre froids. Desséché dans le vide, il perd 6,5 pour 100 de son poids d'eau sans s'effleurir. Le point de fusion instantané du produit hydraté est de $+175°$. Le pouvoir rotatoire du produit hydraté est de $\alpha_D = -19°,01$, soit $\alpha_D = -20°,4$ pour le produit anhydre.

Propriétés chimiques. — Ce corps ne renferme pas d'azote et brûle sans

résidu. La soude diluée le dissout en donnant une coloration rouge orange; par acidification, l'isosalipurposide cristallise inaltéré. Les solutions diluées de carbonate de sodium fournissent les mêmes réactions. L'acide chlorhydrique concentré le dissout en se colorant en rouge brique intense; cette réaction permet de caractériser l'isosalipurposide sur le végétal, le salipurposide ne donnant pas de coloration. L'isosalipurposide est hydrolysable par l'acide sulfurique dilué et par l'émulsine des amandes. L'hydrolyse sulfurique a été conduite comme précédemment ([1]). Nous avons pu recueillir des cristaux fondant à $+ 257°$ en même temps que le salipurpol et qu'un mélange des deux produits. Il se forme 62,27 de salipurpol pour 100 d'isosalipurposide anhydre.

Le sucre réducteur formé au cours de l'hydrolyse sulfurique est du *d*-glucose (41,2 pour 100). L'hydrolyse par l'émulsine, conduite comme l'a indiqué M. Bridel ([2]) permet de démontrer que 42 pour 100 de l'hétéroside sont dédoublés en trois mois : les produits d'hydrolyse sont le salipurpol et le *d*-glucose.

L'isosalipurposide fournit donc, par hydrolyse, du *d*-glucose et du salipurpol dans les mêmes proportions que le salipurposide. Nous avons donné au salipurpol la formule chalconique (I), nous supposons que le salipurpol, existant dans la molécule de l'isosalipurposide, répond à la formule flavanonique (II), ce qui le rapprocherait du groupe des flavonols; l'isosalipurposide présente d'ailleurs de remarquables analogies de propriétés physiques avec les flavonosides :

HO OH
—CO—CH=CH—C OH
OH

(I).

O
HO CH— OH
CH²
OH CO

(II).

Au cours de l'hydrolyse sulfurique et fermentaire, il y aurait rupture du noyau de flavanone et formation du noyau chalcone du salipurpol; des expériences sont poursuivies pour rechercher le bien-fondé de cette hypothèse.

([1]) *Loc. cit.*

([2]) *Bull. Soc. Chim. biol.*, **12**, 1930, p. 921.

MÉDECINE. — *Sur la continuité du phénomène de Merget.* Note (¹) de M. **H. Bordier**, présentée par M. d'Arsonval.

Je rappelle brièvement que la thermodiffusion, ou phénomène de Merget (²), consiste dans ce fait qu'un corps poreux humide soumis à un échauffement suffisant devient le siège d'un mouvement de sortie de l'eau d'imbibition à l'état de vapeur qui provoque en sens contraire un mouvement de rentrée du gaz ambiant affluant par tous les pores superficiels et s'accumulant à l'intérieur sous pression.

Ce phénomène se produit aussi avec d'autres liquides que l'eau pourvu qu'ils soient volatils, comme l'alcool, l'acétone, etc. Mais Merget n'avait pas beaucoup étudié la thermodiffusion avec ces liquides à cause du moyen employé pour échauffer le bloc poreux (flamme d'alcool ou de gaz) et à cause de l'inflammabilité des vapeurs de ces liquides.

J'ai pu continuer l'étude de la thermodiffusion produite par les liquides volatils en utilisant l'échauffement par les ondes courtes (³), c'est-à-dire en plaçant le bloc poreux dans un champ oscillant de très haute fréquence entre deux plateaux-condensateurs reliés aux bornes d'un appareil fournissant 30 millions de périodes par seconde.

Je me suis ensuite demandé si la continuité du phénomène de Merget ne pouvait pas être démontrée en réalisant la thermodiffusion gazeuse sans qu'il soit nécessaire de faire intervenir l'élévation de température du bloc poreux : Je me suis servi pour ces expériences d'un vase poreux cylindrique de 6^{cm} de diamètre et de $9^{cm},5$ de hauteur, bourré de brique finement concassée et muni d'un tube abducteur scellé par du plâtre gâché fermant le vase.

J'ai opéré d'abord avec de l'éther éthylique dont le point d'ébullition est de 35°,5; comme j'avais observé, pendant la thermodiffusion produite par l'eau, que la température à laquelle commence le dégagement gazeux est inférieure d'environ 25° à celle de l'ébullition de ce liquide, j'ai pensé qu'à la température ordinaire, de 15° à 18°, le dégagement des bulles pourrait se produire aussi bien que quand le bloc est imbibé d'eau et chauffé. L'expé-

---

(¹) Séance du 6 mars 1933.

(²) *Comptes rendus*, 78, 1874, p. 884.

(³) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 255

rience a confirmé mes prévisions : on introduit dans le tube abducteur 10^{cm^3} d'éther dans la masse poreuse où les fragments de brique pilée absorbent rapidement le liquide. On place alors dans un support le bloc légèrement incliné, en disposant une petite cuve à eau dans laquelle plonge l'extrémité du tube abducteur : aussitôt on voit se dégager des bulles gazeuses, exactement comme dans le cas de l'eau quand la température du bloc est portée à 70° environ. Ce dégagement dure jusqu'à ce que l'éther soit complètement évaporé, ainsi que je m'en suis assuré en pesant le bloc dont le poids, à l'état sec, était de 398^g.

En plaçant le bloc dans un cylindre de carton serré autour de lui, on peut apprécier la température : or j'ai vu cette température baisser pendant la thermodiffusion; de 19°,5 la température est descendue à 18°,4 à la fin de l'expérience.

J'ai opéré aussi avec du chlorure d'éthyle, dont le point d'ébullition est encore plus bas : en introduisant 10^{cm^3} de ce liquide par le tube abducteur; la thermodiffusion a commencé aussitôt. Le dégagement gazeux dure moins longtemps qu'avec l'éther, mais les bulles gazeuses se succèdent avec une rapidité plus grande. Là aussi la température du bloc s'abaisse pendant la thermodiffusion : de 19°,5 le thermomètre est descendu à 17°,5 à la fin du dégagement gazeux.

Les expériences prouvent bien que l'échauffement du bloc poreux n'est pas indispensable pour que la thermodiffusion se produise : il suffit de s'adresser à des liquides dont la vaporisation puisse se faire assez rapidement à la température ordinaire.

Les faits précédents démontrent, comme on le voit, la continuité du phénomène de Merget.

La séance est levée à $16^h 5^m$.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 MARS 1933.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES RICHET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce le décès de M. **Jules Andrade**, Correspondant pour la Section de Mécanique.

Notice nécrologique sur Jules Andrade, par M. **L. Lecornu**.

Le 25 février est décédé à Brighton, près Cayeux-sur-Mer, M. Jules Andrade que l'Académie avait, le 2 novembre 1921, élu Correspondant pour la Section de Mécanique. Né à Paris le 4 septembre 1857, ancien élève de l'École Polytechnique, il avait été quelque temps officier d'artillerie, puis était devenu successivement professeur aux Facultés des Sciences de Rennes, de Montpellier et de Besançon. L'importance, dans cette dernière ville, de l'industrie horlogère l'avait conduit à s'occuper particulièrement des questions de Chronométrie, à créer un enseignement de cette science et à fonder une École théorique et pratique de réglage.

La célèbre découverte de Phillips, concernant la possibilité de terminer un ressort spiral par une courbe procurant un couple de torsion proportionnel à la rotation, avait amené un progrès décisif dans la construction des chronomètres de précision, mais on laissait ainsi subsister la perturbation due aux forces d'inertie. Plus tard, Caspari avait recherché le moyen d'atténuer cette perturbation. Andrade montra que les calculs de Caspari appelaient certaines corrections. Il trouva en outre un moyen simple et élégant pour combattre les variations d'élasticité dues aux changements de température. Il s'occupa également du problème de la synchronisation de

deux horloges, problème abordé en 1847 par Foucault et repris en 1894 par Alfred Cornu. Ces savants avaient négligé l'influence perturbatrice de l'échappement; il réussit à combler cette lacune. En dehors de la Chronométrie, son activité scientifique s'étendit à divers autres sujets de Mécanique et d'Analyse. On lui doit aussi plusieurs Ouvrages didactiques.

L'Académie adresse à la famille de M. Andrade ses bien sympathiques condoléances.

PÉTROGRAPHIE. — *Constitution des phosphates dévoniens du Tennessee (États-Unis).* Note de M. **L. Cayeux**.

Les phosphates dévoniens du Tennessee se signalent à l'attention, à la fois, par les caractères de l'étage auquel ils sont subordonnés, et par leur constitution.

D'après Ch. W. Hayes ([1]) le système dévonien est réduit, dans le domaine phosphaté, à une puissance de quelques mètres (3^m-$3^m,66$), susceptible de tomber à quelques pieds, voire même à quelques pouces. De nombreux diagrammes de l'auteur font ressortir les variations d'épaisseur des divisions, la rapidité avec laquelle elles se produisent, et les lacunes fréquentes du complexe. Au surplus, la formation repose en transgression et en discordance sur le Silurien.

Des quatre horizons distingués par Ch. W. Hayes dans ce Dévonien, rudimentaire s'il en fût, deux sont phosphatés. Le supérieur, réduit à 9-18^{cm}, mais constant, renferme des nodules phosphatés qui peuvent changer de niveau; l'inférieur, séparé ou non du Silurien par un peu de grès, constitue le « phosphate en couche », dont la puissance, parfois nulle, est au maximum de $0^m,92$. Rangé parmi les phosphates noirs par Ch. W. Hayes, ce phosphate est couramment désigné aux États-Unis sous le nom de *blue phosphate*. R. W. Smith et W. B. Jewell l'ont décrit comme tel, mais, d'après le second auteur, la couleur en est fréquemment brune ([2]).

([1]) Ch. W. Hayes, *The Tennessee Phosphates* (17e *Ann. Rep. Un. St. Geol. Surv.*, Part II, 1895-1896, p. 519-550).

([2]) R. W. Smith, *The Phosphate Rock Deposits of South Central Tennessee* (*Manufacturers Record*, August 1922, 4 p.); *Geology and Utilization of Tennessee Phosphate Rock* (*Mining and Metallurgy*, Birmingham Meeting, 1924, n° 1373 M., Extr. 20 p.); W. B. Jewell, *Geology and mineral Resources of Hardin County, Tennessee* (*State of Tennessee, Dep. Education, Geology, Bull.* 37, 1931, p. 72).

Le *blue phosphate* titre de 27 à 30 pour 100 d'acide phosphorique (Ch. W. Hayes) et ne représente qu'une petite fraction de la production totale du Tennessee. Des variétés *oolithiques*, *compactes*, *conglomérées* et *schisteuses* y ont été distinguées par Ch. W. Hayes. L'étude de cet auteur, la seule qui réserve une place de quelque importance aux caractères micrographiques du dépôt, met en évidence deux éléments essentiels : des grains de phosphate assimilés à des *oolithes* et des organismes identifiés à des *Coraux*.

L'analyse d'une dizaine d'échantillons fournis par la Compagnie des Phosphates de Gafsa, la Société des Produits chimiques de Saint-Gobain et l'École des Mines, fait ressortir l'existence de deux types principaux, l'un pétri d'organismes, et l'autre revêtant le caractère d'un conglomérat formé d'éléments submicroscopiques.

Au premier type, réunissant la presque totalité des spécimens étudiés, se rapportent des phosphates composés de restes d'Echinodermes, en proportion telle qu'ils sont presque contigus dans toutes les préparations examinées. Seuls, les calcaires à entroques, les plus riches en articles de Crinoïdes, peuvent rivaliser avec ces phosphates, au point de vue de la teneur en représentants d'Échinodermes. On y trouve réunies des sections de forme subcirculaire, ovale, subrectangulaire, irrégulière, et, entières ou fragmentaires, de dimensions comprises entre $0^{mm},1$ et $0^{mm},8$, avec prédominance des éléments mesurant $0^{mm},3$ et $0^{mm},4$. Ces matériaux possèdent un réseau très fin, parfaitement conservé, éminemment caractéristique du squelette des Échinodermes. Quelques éléments, pourvus d'un canal central, permettent de reconnaître au premier coup d'œil des articles de tige de Crinoïdes. Les baguettes et piquants d'Oursins sont généralement absents. Tout fait supposer qu'à peu d'exceptions près les articles observés ont appartenu au groupe des Crinoïdes, sans doute représentés par des formes, en grande majorité privées de tiges. La faune est complétée par des Gastéropodes microscopiques complets, ainsi que par des débris de Brachiopodes et de Bryozoaires, à raison de plusieurs éléments par coupe mince et l'exclusion de Foraminifères.

Dans un échantillon de nature exceptionnelle, en ce sens qu'il est très riche en carbonate de chaux et pauvre en acide phosphorique ($CaO = 52,9$ pour 100; $P^2O^5 = 10,05$ pour 100), de nombreux articles sont restés calcaires, sauf à dire que leurs mailles sont remplies de phosphate de chaux. En général, et par exemple, dans un spécimen titrant 35 pour 100 de phosphate, avec traces de carbonate de chaux, les articles

sont entièrement phosphatisés, réseau et vides compris. Il arrive que le réseau phosphaté, perdant sa remarquable individualité, s'efface peu à peu, pour se fondre dans le produit de remplissage des mailles, le tout présentant une teinte uniforme comme si le milieu avait été primitivement homogène. De proche en proche, les articles passent à des matériaux indifférenciés, de forme générale arrondie, lesquels, de toute évidence, procèdent d'Échinodermes. La microstructure, une fois disparue, les éléments prennent le facies de petits nodules, voire de galets microscopiques, et, pour mieux dire, de fausses oolithes. Lorsque la teneur en acide phosphorique atteint la proportion indiquée, le ciment lui-même est phosphaté avec ou sans témoins de calcite corrodés.

Le second type, assimilable à un conglomérat, composé d'éléments submicroscopiques, s'avère infiniment varié, du fait qu'il réunit des grains simples et des complexes remaniés, les uns et les autres de constitution très diverse. Des éléments simples, tout entiers minéralisés par du phosphate de chaux, et laissant encore transparaître des vestiges de réseau d'Échinoderme, passent, par degrés insensibles, à des articles de même forme, de même taille, et de même couleur, dépourvus du plus petit témoin de structure organisée. Par continuité, on est amené à rapporter aux débris de Crinoïdes de nombreux matériaux présentement indifférenciés, dont beaucoup revêtent la morphologie des oolithes, sans en avoir la structure caractéristique.

Les complexes ne sont pas autre chose que des produits empruntés à des roches, tant soit peu préexistantes et de nature extrêmement diverse. Les plus répandus correspondent à des fragments de roches renfermant des éléments pareils aux grains libres. Au nombre des autres figurent plusieurs débris de *brèche ossifère*, des éléments riches en grains de quartz, des morceaux de phosphate à spicules pyritisés, des fragments de phosphate à structure feuilletée, etc.

Conclusions. — Une étude très succincte permet de formuler les enseignements suivants :

1° Les restes d'Échinodermes jouent dans la constitution des phosphates dévoniens du Tennessee un rôle sans équivalent dans l'histoire des phosphates sédimentaires en général, et c'est leur degré de fréquence qui fournit la caractéristique fondamentale du dépôt. Il paraît hors de conteste que la grande place réservée aux Coraux dans la formation de ces phosphates, notamment par Ch. W. Hayes, résulte d'une confusion

entre les restes d'Échinodermes et des débris de Coraux. De ceux-ci il n'y a pas le moindre représentant.

2° Il résulte également de la précédente analyse que les phosphates en question ne sont jamais oolithiques à proprement parler. La vérité est qu'il y a dans le gisement dévonien du Tennessee une forte proportion d'éléments convertis en grains arrondis, dont la morphologie seule peut évoquer l'idée de corps oolithiques. En réalité, il n'y a dans le milieu que de fausses oolithes.

3° L'existence d'un type congloméré démontre qu'à un moment donné des roches phosphatées très variées, et relevant de la même formation, ont été mises à contribution pour engendrer un dépôt à caractères détritiques très accentués.

4° Lorsque la remise en mouvement s'est effectuée, ces roches phosphatées étaient déjà consolidées, au point que des fragments composés ont gardé des angles vifs et que d'autres ont été roulés, usés et convertis en petits galets sans dissociation des éléments constituants.

5° En réalité, les agents dynamiques ont laissé une empreinte profonde sur toutes les catégories de matériaux observés. Dans le premier type, bourré de débris d'Échinodermes phosphatisés, il est évident que très peu d'articles n'ont pas été façonnés par des actions mécaniques. Les uns sont brisés; les autres, incomparablement plus répandus, ont été roulés et fortement usés. C'est chose certaine que *tous les échantillons de phosphate, à base de restes d'Échinodermes, se résolvent en graviers à petits éléments*, ce qui ne les empêche pas d'être extrêmement pauvres en quartz détritique.

La notion d'une action mécanique, intervenant sans trêve, s'impose *a fortiori* pour le phosphate congloméré, avec cette différence essentielle que les agents dynamiques ont engendré un mélange confus d'éléments, empruntés à des roches phosphatées très variées, alors qu'en dépit de leur intervention les phosphates du premier type sont restés remarquablement homogènes.

L'étude des phosphates dévoniens du Tennessee fournit un exemple, qu'il est difficile de concevoir plus démonstratif, de la genèse d'un gisement de phosphate de chaux, en liaison intime avec une grande rupture d'équilibre de la mer, comportant une transgression, une discordance, des lacunes, et, dominant le tout, une réduction de puissance des dépôts poussée à l'extrême.

Laissant de côté l'origine même de l'acide phosphorique, question qu'on

ne saurait aborder sans soulever un problème général, on peut dire que la formation des matériaux analysés résulte d'un phénomène de substitution du phosphate de chaux à du carbonate de chaux, de nature organique ou non.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur l'existence du plomb dans la terre arable.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Yônosuke Okada.**

Dans les conclusions d'un travail sur la présence normale du plomb dans l'organisme des animaux, publié avec V. Ciurea ([1]), l'un de nous a exprimé l'idée que l'on doit s'attendre à rencontrer le même métal dans les plantes et dans le sol. Partant de cette idée et désireux d'être fixés sur l'ordre de grandeur des proportions de plomb qui pourraient se trouver dans la couche arable, nous avons soumis de la terre, prélevée dans le jardin de l'Institut Pasteur, à des premiers essais : non seulement nous y avons reconnu l'existence du plomb, mais nous avons eu la surprise d'en rencontrer une proportion vraiment inattendue. La méthode suivante a été employée.

L'échantillon de terre, passée au tamis d'un millimètre et pesant de 100 à 200^g, a été séché à l'étuve, à $+100$-$105°$, puis calciné au four à moufle dans une capsule de porcelaine, en couche mince, à la température du rouge naissant. Le produit de la calcination a été additionné peu à peu d'acide chlorhydrique, jusqu'à cessation d'effervescence, puis de quelques centimètres cubes en excès de ce réactif et le tout chauffé à siccité au bain-marie, de manière à insolubiliser la plus grande partie de la silice. Le résidu a été délayé dans l'acide chlorhydrique concentré, étendu d'eau, chauffé jusqu'à ébullition, filtré et lavé à l'eau bouillante. On a saturé la solution acide par l'hydrogène sulfuré préalablement filtré à travers un tampon d'ouate. Après 24 heures de repos en vase fermé, le précipité noir a été recueilli, lavé avec une solution très légèrement acidulée par l'acide chlorhydrique et saturée d'hydrogène sulfuré, enfin séché et grillé dans une capsule de porcelaine.

Pour s'assurer de l'extraction complète des métaux précipitables par l'hydrogène sulfuré contenus dans la terre, le résidu indissous dans l'acide a été soumis à un ou deux nouveaux traitements semblables au premier. En général, il n'y avait plus visiblement de métal extractible après le deuxième traitement.

([1]) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 990.

Les précipités sulfurés réunis ont été additionés, aprés le grillage, d'un peu d'acide nitrique concentré et de quelques gouttes d'acide sulfurique. On a évaporé presque à sec, ajouté quelques centimètres cubes d'eau après refroidissement (environ 5^{cm^3} pour le produit de 100^g de terre), un volume double d'alcool à 95°, et l'on a abandonné le mélange à lui-même jusqu'au lendemain, dans la capsule couverte de manière à empêcher l'évaporation.

Le précipité a été séparé du liquide surnageant, qui contenait surtout le cuivre, lavé avec de l'alcool étendu de la moitié de son volume d'eau, séché et calciné, ainsi que le filtre. On avait fait attention à n'entraîner que le moins possible le précipité sur le filtre; on a brûlé celui-ci seulement au rouge naissant et l'on a traité les cendres par quelques gouttes d'acide nitrique et d'acide sulfurique avant la pesée.

Ce précipité contenait le plomb cherché à l'état de sulfate, mais il contenait aussi une certaine quantité de sulfates alcalino-terreux et une petite quantité de silice. Pour le purifier, on l'a traité à plusieurs reprises par une solution d'acétate d'ammoniac à 20 pour 100, jusqu'à ce que la solution filtrée cesse de donner la moindre réaction par l'hydrogène sulfuré. Les nouveaux précipités, obtenus et recueillis de la même manière que les précédents ont été réunis, grillés et convertis à leur tour en sulfate par chauffage avec quelques gouttes d'acides nitrique et sulfurique. On a obtenu ainsi un sel de plomb pratiquement pur dont la pesée a mis fin au dosage.

Bien que les réactions utilisées dans les traitements ci-dessus soient déjà très caractéristiques, nous avons tenu à compléter l'identification du précipité recueilli en fin d'analyse en le réduisant au chalumeau pour en extraire le métal; on l'a mélangé pour cela avec du carbonate de sodium et un peu de cyanure de potassium, puis chauffé sur le charbon au feu réducteur; on a obtenu, après broyage au mortier d'agate de la masse fondue et refroidie, des globules de plomb aisément reconnaissables à leur couleur, à leur malléabilité et à leur conversion en litharge lorsqu'on les chauffait au feu oxydant sur une petite cupule de cendre d'os.

Nous avons opéré sur deux prélèvements : l'un d'environ 200^g, qui a été analysé tout entier, et l'autre d'environ 1^{kg}, sur lequel on a pris plusieurs échantillons. Voici les chiffres recueillis au cours de ces diverses expériences :

Poids des échantillons séchés.	Poids après calcination.	SO^4Pb pesé.	Plomb trouvé : dans un échantillon.	Plomb trouvé : par kilogramme de terre sèche.
	Premier prélèvement :			
178^g,6	144^g,7	0^g,0682	46^{mg},6	0^g,261
	Deuxième prélèvement :			
184,7	141,0	0,0561	38,3	0,207
189,7	144,8	0,0638	43,6	0,230
165,6	126,5	0,0541	37,0	0,223
113,6	86.7	0,0377	26,7	0,227

On remarquera que tous les réactifs dont nous nous sommes servis pour l'extraction et la précipitation du plomb sont volatils, par conséquent, faciles à obtenir purs. Nous les avions préparés nous-mêmes par distillation au laboratoire ([1]). D'ailleurs, la méthode employée, comportant des extractions à blanc, prouve que le plomb n'a pu être apporté ni par les capsules de porcelaine, ni par les réactifs. On doit donc conclure que la terre analysée renfermait réellement du plomb. La proportion en est relativement élevée, puisqu'elle atteint près d'un quart de gramme par kilogramme de terre sèche.

CHIMIE MINÉRALE. — *Préparation des dimétaphosphates.* Note de M. **Paul Pascal** et Mme **Réchid**.

On a décrit comme dimétaphosphates un grand nombre de sels simples ou doubles, sans justifier cette appellation par une étude de leurs propriétés ioniques et il semble d'ailleurs, d'après leur mode de préparation, que les auteurs aient eu constamment en mains des sels de condensation plus élevée.

Pour obtenir des dimétaphosphates nettement caractérisés, le mieux est de partir de l'acide lui-même, qui est le plus facilement préparé de la façon suivante :

([1]) L'eau distillée du commerce renferme souvent du plomb et d'autres métaux provenant du serpentin en cuivre étamé qui a servi à la condensation. Nous n'avons employé que de l'eau redistillée dans le vide à l'aide d'un appareil de verre.

On chauffe un temps restreint l'acide phosphorique à une température modérée : 320° par exemple, de façon à éviter la formation de l'acide vitreux ordinaire, qui est complexe. On arrête quand apparaissent les premiers cristaux confus d'un polymère insoluble, qui sera décrit ailleurs. Le produit résultant est alors dissous dans l'eau glacée, pour éviter une réhydratation qui le ramènerait à l'état d'acide pyrophosphorique, contrairement à ce qui se produit pour tous les autres acides polymétaphosphoriques, avec lesquels on observe le passage direct à l'état orthophosphorique.

L'addition de soude en quantité calculée fournit alors une solution pratiquement pure du sel neutre, dont la formation est indiquée par le virage de l'héliantine.

Un excès d'alcool précipite du liquide une huile, ainsi purifiée de toute trace de sels étrangers; elle cristallise bientôt en un sel hydraté que nous formulerons par anticipation : $(PO^3)^2Na^2, 3H^2O$. On en accélère parfois la formation, quand l'huile est trop fortement déshydratée, en la mouillant de quelques gouttes d'eau; mais il arrive souvent que cette technique provoque la formation de pyrophosphate acide par hydrolyse.

Le dimétaphosphate de sodium, très soluble dans l'eau, ne peut être déshydraté par chauffage; il fournit alors du pyrophosphate acide, puis le sel insoluble de Maddrell et, à température élevée, il passe alors par la filiation usuelle des polymétaphosphates, avant de fondre.

Étudié aussitôt après sa mise en solution dans l'eau glacée, il se distingue des pyrophosphates acides par la solubilité de son sel de zinc dans un excès du sel alcalin, ainsi que par l'absence de précipité avec les sels lutéocobaltiques en milieu neutre. Acidulé par l'acide acétique, il ne coagule pas l'albumine, propriété réservée aux acides polymétaphosphoriques complexes, préparés à haute température.

En solutions N/32 et N/10, la cryoscopie lui assigne les poids moléculaires 76 et 130 (théorie 204); la conductibilité équivalente présente à 20°,5 la différence caractéristique :

$$\lambda_{1024} - \lambda_{32} = 75 - 55 = 20,$$

qui fixe sa constitution de véritable dimétaphosphate et montre la variation assez inattendue de la mobilité des anions $(PO^3)^n$:

Polymétaphosphates.	λ_{1024} à 20°.
$(PO^3)^6Na^6$	142
$(PO^3)^3Na^3$	117
$(PO^3)^2Na^2$	75

Il faut donc définitivement cesser de regarder comme un dimétaphosphate le sel insoluble de Maddrell, qui résulte du chauffage du phosphate monosodique et se transforme, à température plus élevée, en un trimétaphosphate.

GÉOLOGIE. — *Les unités structurales externes de la chaîne alpine entre le Pelvoux et la Durance.* Note de MM. **M. Gignoux** et **L. Moret.**

On sait que l'on peut grouper les diverses zones structurales des Alpes françaises en deux grands ensembles, qualifiés de zones *externes* et de zones *internes*, la limite entre les deux étant formée par le bord occidental de la zone du Flysch.

Dans le premier ensemble, nous distinguerons de l'extérieur vers l'intérieur, c'est-à-dire de l'Ouest vers l'Est, une « zone dauphinoise » et une « zone ultra-dauphinoise ».

1° *La zone dauphinoise.* — Elle correspond aux chaînes subalpines et à la couverture dite autochtone des massifs cristallins; E. Haug a proposé pour elle le nom de Delphinides, car elle prolonge les Helvétides des géologues suisses.

Les *faciès* y sont ceux des chaînes subalpines méridionales, dans lesquelles l'Urgonien disparaît progressivement, à la fois vers le Sud et vers l'Est; encore bien développé dans le Bochaine et l'Ouest du Dévoluy, cet étage, comme l'a montré P. Lory, se réduit, près de Veynes et dans l'Est du Dévoluy, à une barre de calcaires marneux, avec quelques intercalations de bancs à débris.

Du point de vue *tectonique*, si l'allure de la couverture crétacée formant le massif subalpin du Dévoluy apparaît clairement (Feuille Gap de la Carte géologique au 1/80000e), par contre celle de son soubassement est moins facile à déchiffrer. Mais il est certain qu'elle doit être assez compliquée. La très grande largeur occupée par la bande Oxfordien-Dogger-Lias de la vallée du Drac au droit de Saint-Bonnet permet d'affirmer qu'il doit y avoir là des redoublements. Sur la rive droite, en bien des endroits, la couverture sédimentaire paraît s'enfoncer sous le Cristallin : ce serait une « zone de racines »; au contraire, sur la rive gauche, on retrouverait des têtes de plis plongeants : telle est par exemple l'interprétation que nous pourrions proposer pour le petit lambeau de Jurassique supérieur et de Berrias qui affleure au Nord du Noyer et semble bien s'enfoncer sous une

nouvelle série couronnée par ce même Jurassique supérieur formant la grande corniche bordière du Dévoluy. On aurait donc ici un style rappelant celui des nappes helvétiques inférieures.

2° *La zone ultra-dauphinoise.* — Par analogie avec le terme de « nappe ultra-helvétique » adopté par nos collègues suisses, nous appellerons ainsi une zone plus interne, formée d'*écailles très laminées*, qui apparaissent comme poussées à la base de la nappe de l'Embrunais, sur l'unité précédente.

Nous y rattachons d'abord le massif de Soleil-Bœuf, entre Drac et Pelvoux, cartographié si minutieusement par P. Lory : c'est un paquet d'écailles ou lames anticlinales de Callovo-Oxfordien, de Malm et de Nummulitique sans flancs inverses, comprises entre deux coussinets de Nummulitique, et montant à l'assaut de la couverture autochtone sous laquelle s'ennoie au Sud le massif du Pelvoux. Ce style rappelle tout à fait celui des racines de la nappe ultra-helvétique suisse (nappe du Mont Bonvin) qui, du Valais, vient chevaucher l'empilement des nappes helvétiques sous lesquelles s'ennoient les massifs cristallins entre Aar et Mont Blanc. D'ailleurs un style analogue s'observe dans les parties avancées de la nappe ultrahelvétique, tant à Sulens qu'aux Voirons et dans les Préalpes externes fribourgeoises, régions dans lesquelles nous retrouvons un faisceau de lames anticlinales de Malm toujours enveloppées de Flysch.

Au Sud de Soleil-Bœuf, l'épaisse couverture glaciaire comprise entre le Drac et le torrent d'Ancelle masque le prolongement de nos écailles. Mais, au Sud de ce torrent, celles-ci reparaissent dans le massif du Puy de Manse — La Rochette — Tour Saint-Philippe. En particulier la structure du Puy de Manse est plus complexe que ne l'indique la Carte géologique : elle comporte d'abord une grande écaille synclinale (Malm-Aptien), chevauchée elle-même vers l'Est par une nouvelle lame de calcaires lusitaniens (¹).

Plus au Sud encore, entre la Bâtie-Neuve et Prunières, nos dislocations restent indéchiffrables dans la grande masse très tourmentée des terres-noires. Puis, au Nord de Savines, le style en écaille réapparaît nettement : de minces lames d'un Nummulitique analogue à celui de Forestier (au Sud de la Tour Saint-Philippe) apparaissent comme de véritables « filons » dans

(¹) Reconnue au cours d'une excursion faite en 1932 en compagnie de divers collègues français et suisses (E. Gagnebin) et auparavant attribuée à tort, sur la carte géologique, au Néocomien.

les terres-noires. Par contre, les calcaires à patine rousse attribués par E. Haug au Lias à Saint-Julien (Nord-Est de Savines) correspondent à une lame anticlinale.

Enfin, dans la vallée de l'Ubaye, au pied du Morgon, l'écaille Tithonique-Néocomien de Saint-Vincent, qui jaillit des terres-noires, apparaît comme tout à fait symétrique de celle du Puy de Manse; elle est d'ailleurs, elle aussi, chevauchée, en-dessous des maisons de La Roche, par une écaille anticlinale, faisant apparaître au milieu des terres-noires des calcaires à Nérinées siliceuses du Dogger, sous un faciès néritique qui annonce déjà celui des zones plus internes.

Du point de vue des *faciès*, on retrouve des similitudes frappantes avec les séries ultra-helvétiques de Suisse et de Savoie. En particulier, le Néocomien, si différencié dans les faciès dauphinois même quand l'Urgonien a disparu (marnes valanginiennes, calcaires du Barrémien-Bédoulien), ne montre plus ici qu'une série très monotone de calcaires marneux à *Aptychus* et Céphalopodes, séparés par des délits schisteux; la limite avec le Tithonique devient souvent imprécise : c'est le « Néocomien à Céphalopodes » des géologues suisses. Quant à l'Urgonien, il n'est plus marqué au Puy de Manse que par des bancs de quelques centimètres d'épaisseur de calcaires à Milioles, rappelant les classiques lentilles zoogènes du Mont Bifé (Montsalvens) et de Sulens.

Bien entendu, en soulignant ces analogies de style et de faciès, nous ne voulons pas prétendre par là qu'il y ait une continuité matérielle directe entre nos écailles ultra-dauphinoises et la nappe ultra-helvétique en Savoie et en Suisse : nous pensons au contraire que cette zone, comme d'ailleurs chacune des unités constituantes de la chaîne alpine, doit être formée de *festons* qui se relaient successivement le long de la chaîne; et c'est de l'ensemble de tels festons que résulte chacune de ces unités.

M. **A. Béhal** fait hommage à l'Académie d'un volume intitulé *Hommage à* Henri Moissan. *4 octobre* 1931.

M. **Ch. Richet** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. P. Lassablière : *Aliments*, *Régimes*, *Indications*, *Contre-indications*, dont il a écrit la *Préface*.

M. **Auguste Lumière** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé *Colloïdes et micelloïdes. Leur rôle en biologie et en médecine.*

NOMINATIONS.

M. A. Lacroix est désigné pour représenter l'Académie à la célébration du *cinq-centième anniversaire* de la fondation de l'*Université de Poitiers* le 1er juin 1933.

PLIS CACHETÉS.

M. J.-E. Gabreau demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 6 avril 1925 et enregistré sous le n° 9503.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient un Note intitulée *Piles ou couples thermo-électriques sans soudure ni brasure.*

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Atlas des Colonies Françaises, Protectorats et Territoires sous mandat de la France, publié sous la direction de G. Grandidier. *Madagascar*, par G. Grandidier. *La Réunion — Kerguélen — Comores — Saint-Paul — Amsterdam — Crozet*, par Louis-Philippe May.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'expression d'un système des fonctions, contenant deux paramètres.* Note [1] de M. G. Pfeiffer.

Représentons par $z_1, z_2, \ldots, z_{q+1}$ un système de $q+1$ fonctions des $n+1$ variables indépendantes $x_0, x_1, \ldots, x_n$ et des deux paramètres α, β

$$z_i = \varphi_i(x_0, x_1, \ldots, x_n, \alpha, \beta) \qquad (i = 1, 2, \ldots, q+1), \tag{1}$$

$$\frac{\mathcal{D}(\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_{q+1})}{\mathcal{D}(x_0, x_1, \ldots, x_q)} \not\equiv 0. \tag{2}$$

---

(1) Séance du 3 janvier 1933.

Recherchons, dans quelles conditions :

I. Les fonctions (1) s'expriment à l'aide de α et de $q+2$ fonctions, ne renfermant pas α,

$$(3)\qquad z_i=\varphi_i=\theta_i(u_1, u_2, \ldots, u_{q+2}, \alpha, \beta) \qquad (i=1, 2, \ldots, q+1),$$
$$(4)\qquad u_k=u_k(x_0, x_1, \ldots, x_n, \beta) \qquad (k=1, 2, \ldots, q+2);$$

II. Les fonctions (1) s'expriment à l'aide de β et de $q+2$ fonctions, ne renfermant pas β;

III. Les fonctions (1) s'expriment par α, β et $q+3$ fonctions, ne renfermant pas α, β,

$$(5)\qquad z_i=\varphi_i=\gamma_i(w_1, w_2, \ldots, w_{q+3}, \alpha, \beta) \qquad (i=1, 2, \ldots, q+1),$$
$$(6)\qquad w_k=w_k(x_0, x_1, \ldots, x_n), \qquad (k=1, 2, \ldots, q+3).$$

Ces problèmes se résolvent grâce à un théorème établi par nous [1], en regardant α, β comme des variables et x_0, x_1, ..., x_n comme des paramètres. Ce théorème simplifie les recherches de L. Bianchi [2] et reconstitue quelques indications de S. Lie [3].

On suppose que les fonctions (1) ne s'expriment pas en fonction de α et de $q+1$ fonctions, indépendantes de α, ou encore en fonction de β et de $q+1$ fonctions, indépendantes de β

$$(7), (8)\qquad \frac{D\left(\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_{q+1}, \dfrac{\partial\varphi_\lambda}{\partial\alpha}\right)}{D(x_0, x_1, \ldots, x_q, x_l)} \neq 0, \qquad \frac{D\left(\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_{q+1}, \dfrac{\partial\varphi_\mu}{\partial\beta}\right)}{D(x_0, x_1, \ldots, x_q, x_k)} \neq 0.$$

I. En vertu de (7) on a

$$(9)\qquad \frac{\partial\varphi_i}{\partial\alpha} \equiv \omega_i\left(\alpha, \beta, \varphi_1, \ldots, \varphi_{q+1}, \frac{\partial\varphi_\lambda}{\partial\alpha}\right), \qquad \frac{\partial^2\varphi_\lambda}{\partial\alpha^2} \equiv \omega(\ldots)$$
$$(i=1, \ldots, \lambda-1, \lambda+1, \ldots, q+1).$$

II. En vertu de (8) on a les identités analogues à (9).

On suppose aussi que les fonctions (1) ne s'expriment pas par α, β et $q+2$ fonctions, indépendantes de α, β. Alors, en plus de (7) et des

(1) G. Pfeiffer, *Intern. Math. Kongress*, Zürich, 2, 1932, p. 63.

(2) L. Bianchi, *Lezioni sulla teoria dei gruppi cont. fin. di trasf.* (Bologna, 1928, p. 28-43).

(3) S. Lie und Fr. Engel, *Theorie der Transformationsgruppen* (Leipzig, 1888, I, p. 183).

identités

$$\frac{\partial \varphi_i}{\partial \alpha} \equiv \omega_i\left(\alpha, \beta, \varphi_1, \ldots, \varphi_{q+1}, \frac{\partial \varphi_\lambda}{\partial \alpha}\right), \qquad \frac{\partial \varphi_j}{\partial \beta} \equiv \varpi_j(\ldots) \tag{10}$$

$$(i = 1, \ldots, \lambda - 1, \lambda + 1, \ldots, q + 1;\ j = 1, \ldots, q + 1),$$

on a une ou toutes les deux non-identités

$$\frac{D\left(\varphi_1, \ldots, \varphi_{q+1}, \frac{\partial \varphi_\lambda}{\partial \alpha}, \frac{\partial^2 \varphi_\lambda}{\partial \alpha^2}\right)}{D(x_0, \ldots, x_q, x_i, x_j)} \not\equiv 0, \qquad \frac{D\left(\varphi_1, \ldots, \varphi_{q+1}, \frac{\partial \varphi_\lambda}{\partial \alpha}, \frac{\partial^2 \varphi_\lambda}{\partial \alpha \, \partial \beta}\right)}{D(x_0, \ldots, x_q, x_i, x_g)} \not\equiv 0, \tag{11), (12}$$

et en plus de (8) on obtient une similitude avec les identités (10) et inégalités (11), (12).

III. Trois cas se présentent :

a. Si les conditions (7), (10), (11) sont réalisées :

$$\left\{\begin{aligned} &\frac{\partial^3 \varphi_\lambda}{\partial \alpha^3} \equiv a_1\left(\alpha, \beta, \varphi_1, \ldots, \varphi_{q+1}, \frac{\partial \varphi_\lambda}{\partial \alpha}, \frac{\partial^2 \varphi_\lambda}{\partial \alpha^2}\right), \\ &\frac{\partial^2 \varphi_\lambda}{\partial \alpha \, \partial \beta} \equiv a_2(\ldots), \quad \frac{\partial^3 \varphi_\lambda}{\partial \alpha^2 \, \partial \beta} \equiv a_3(\ldots); \end{aligned}\right. \tag{13}$$

Si les conditions (7), (10), (12) sont réalisées :

$$\left\{\begin{aligned} &\frac{\partial^2 \varphi_\lambda}{\partial \alpha^2} \equiv b_1\left(\alpha, \beta, \varphi_1, \ldots, \varphi_{q+1}, \frac{\partial \varphi_\lambda}{\partial \alpha}, \frac{\partial^2 \varphi_\lambda}{\partial \alpha \, \partial \beta}\right), \\ &\frac{\partial^3 \varphi_\lambda}{\partial \alpha^2 \, \partial \beta} \equiv b_2(\ldots), \quad \frac{\partial^3 \varphi_\lambda}{\partial \alpha \, \partial \beta^2} \equiv b_3(\ldots). \end{aligned}\right. \tag{14}$$

b. Un second cas conduit à des formules analogues aux formules (13) et (14).

c. Il peut y avoir enfin trois sous-cas.

Les fonctions u, v sont des solutions des équations linéaires homogènes aux dérivées partielles du premier ordre; les fonctions w des solutions du système de deux équations, par rapport aux α, β.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations intégrales non linéaires.* Note [1] de M. **V. Niemytzki**, présentée par M. Goursat.

I. Dans la Note présente je considère les équations intégrales non linéaires des types suivants :

$$\varphi(x)=\int_F K(x,y)f[y,\varphi(y)]\,dy, \tag{1}$$

$$\varphi(x)=\lambda\int_F K(x,y)f[y,\varphi(y)]\,dy \quad [2]. \tag{2}$$

où x, y sont des points de l'espace euclidien n-dimensionel, et F est un ensemble fermé de cet espace.

II. Nous allons démontrer les théorèmes suivants :

1° Si la fonction $f(x,u)$ est continue sur l'ensemble $\{x\subset F, |u|\leqq K\}$, et si l'on peut trouver deux constantes C_1, C_2 telles que

$$\int_F K^2(x,y)\,dx<C_1,\qquad \int_F K^2(x,y)\,dy<C_1, \tag{a}$$

$$\int_F \sup_{|u(x)|\leqq K} f(x,u)\,dx<C_2, \tag{b}$$

$$\sqrt{C_1C_2}\leqq K, \tag{c}$$

il existe une solution de l'équation (1) assujettie à la condition $|\varphi(x)|\leqq K$.

2° Si K est choisi comme dans le théorème I, et que C_1, C_2 vérifient les conditions a, b du théorème I, l'équation (2) possède une solution $\varphi(x)$, $|\varphi(x)|<K$ pour λ suffisamment petit.

3° Si de plus on a

$$|f(x,u_1)-f(x,u_2)|<C_3|u_1-u_2|,\qquad u_1\neq u_2,$$

$$C_3\leqq\frac{1}{\sqrt{\int_F\int_F K^2(x,y)\,dx\,dy}},$$

la solution de chacune des équations (1), (2) est unique.

III. Voici la marche de la démonstration : considérons la famille des fonctions $\{\varphi(x)\}$ mesurables B, vérifiant l'inégalité $|\varphi(x)|\leqq K$. Cette

---

(1) Séance du 13 mars 1933.

(2) Hammerstein, *Acta math.*, 54, 1929, p. 117.

famille, considérée comme un ensemble de l'espace hilbertien, est convexe. La transformation

$$\psi(x) = \int_F K(x, y) f[y, \varphi(y)]\, dy, \qquad \text{resp.} \quad \psi(x) = \lambda \int_F K(x, y) f[y, \varphi(y)]\, dy$$

fait correspondre à $\{\varphi(x)\}$ une famille de fonctions $\{\psi(x)\}$ faisant partie de $\{\varphi(x)\}$. On prouve que $\{\psi(x)\}$ est une famille compacte au sens de la convergence en moyenne. L'ensemble convexe le plus petit de l'espace hilbertien contenant l'ensemble $\{\psi(x)\}$ est de même compact ([1]). Évidemment, la transformation indiquée le transforme dans un de ses sous-ensembles. Si l'on prouve que cette transformation est continue, on déduira (1) et (2) du théorème sur l'existence des points fixes des transformations continues des corps convexes de l'espace hilbertien ([2]).

IV. Pour démontrer que la famille $\{\psi(x)\}$ est compacte nous employons les raisonnements suivants :

LEMME I. — *Soient :* 1° $K(x, y)$ *une fonction telle que*

$$\int_F K^2(x, y)\, dx < C_1;$$

2° $V(\varepsilon)$ *le volume de la sphère* $S(x, \varepsilon)$ *ayant le rayon* ε *et le centre* x;

3° $$K_\varepsilon(x, y) = \frac{1}{V(\varepsilon)} \int_{S(x, \varepsilon)} K(t, y)\, dt,$$

alors on peut trouver ε_0 *de sorte que pour* $\varepsilon < \varepsilon_0$ *on a*

$$\int_F \int_F (K_\varepsilon - K)^2\, dx\, dy < \eta.$$

En s'appuyant sur ce lemme on démontre sans peine que la famille $\{\psi(x)\}$ satisfait à la condition de compacticité de M. Kolmogoroff que voici :

« Pour qu'une famille de fonctions soit compacte dans l'espace hilbertien il suffit que l'intégrale $\int_F \varphi(x)\, dx$ soit uniformément bornée et que l'intégrale

$$\int_F [\psi_\varepsilon(x) - \psi_i(x)]^2\, dx,$$

---

(1) MAZUR, *Studia Math.*, 2, 1930, p. 7.

(2) SCHAUDER, *Math. Zeit.*, 26, 1927, p. 43.

ou

$$\psi_\varepsilon(x) = \frac{1}{V(\varepsilon)} \int_{S(\varepsilon, x)} \psi(t)\, dt,$$

tende uniformément vers zéro » ([1]).

V. La continuité de la transformation est une conséquence du lemme suivant :

Lemme II. — *$f(x, \varphi)$ étant une fonction continue par rapport à u pour $x \subset F$, $|\varphi| < k$, si*

$$\int_F \sup_{|\varphi| \leqq K} f^2(x, \varphi)\, dx$$

est bornée uniformément sur la famille de fonctions $\{\varphi(x)\}$, l'égalité

$$\lim_{n \to \infty} \int_F (\varphi - \varphi_n)^2\, dx = 0$$

entraîne l'égalité

$$\lim_{n \to \infty} \int_F \{ f[x, \varphi(x)] - f[x, \varphi_n(x)]^2 \}\, dx = 0.$$

VI. Quant au théorème d'unicité il est fondé sur la remarque suivante : si une transformation d'un corps convexe de l'espace hilbertien en un sous-ensemble diminue les distances mutuelles des points, le point fixe est unique.

On s'assure qu'il en est ainsi lorsque

$$|f(x, u_1) - f(x, u_2)| < \frac{|u_1 - u_2|}{\sqrt{\int\int K^2(x, y)\, dx\, dy}}.$$

VII. Si le noyau $K(x, y)$ est une fonction continue de x, la solution est aussi continue.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration des différentielles totales et la métrique des courbes.* Note de M. **Arnaud Denjoy**, présentée par M. Émile Borel.

Soit $u(t)$ une fonction définie sur le segment $\alpha \leqq t \leqq \beta$. Formons

$$W(u, t_i) = \sum_{i=1}^{i=n} [u(t_i) - u(t_{i-1})]^2 \qquad (t_0 = \alpha,\ t_n = \beta,\ 0 < t_i - t_{i-1} \leqq \omega).$$

([1]) Kolmogoroff, *Nachr. Gesellsch. Wissensch. zu Gottingen*, 1931, p. 60-61.

Nous appellerons *variation carrée totale de* $u(t)$ *sur le segment* $\alpha\beta$ la plus grande limite de $W(u, t_i)$ quand ω tend vers zéro.

Cette variation $V^{(2)}T(u, \alpha, \beta)$ peut être nulle (en particulier si u est à variation totale finie), finie positive, infinie. Ainsi, pour

$$u(t) = \sum \frac{c_n}{\sqrt{b_n}} \cos b_n t \qquad (-\pi \leqq t \leqq \pi),$$

$V^{(2)}T(u, -\pi, \pi)$ est sensiblement proportionnelle à $\overline{\lim_{n\infty}} c_n$, si $b_n/b_{n-1} > \theta$ assez grand. Si b_n/b_{n-1} est infiniment grand, plus croissant que c_n^2,

$$\underline{\lim_{\omega=0}} W(u, t_i) = 0 \qquad \text{avec} \quad V^{(2)}T(u) > 0.$$

Soit C la courbe décrite par $M(x, y, z)$ si

$$x = f(t), \qquad y = g(t), \qquad z = h(t),$$

f, g, h étant définies et continues sur le segment $\alpha \leqq t \leqq \beta$.

Si $M_i(x_i, y_i, z_i)$ correspond à t_i, A à $t = \alpha$, B à $t = \beta$, nous appellerons *longueur quadratique de* C et nous noterons $L^{(2)}C$ la plus grande limite de la somme

$$\overline{AM_1}^2 + \overline{M_1M_2}^2 + \ldots + \overline{M_{n-1}B}^2,$$

quand ω tend vers zéro. Si C est simple et si la représentation $M(t)$ est propre, ω tend vers zéro en même temps que le plus grand des diamètres d'arcs $M_{i-1}M_i$.

$L^{(2)}C$ est compris entre la plus grande et la somme des variations carrées totales des trois fonctions f, g, h sur $\alpha\beta$.

Soit $P\,dx + Q\,dy + R\,dz$ un élément différentiel dont nous envisageons l'intégration sur C. τ_i étant un point quelconque du segment $t_{i-1}t_i$ et $\mu_i(\xi_i, \eta_i, \zeta_i)$ le point correspondant de C, nous formons

$$\lambda_i = P(\mu_i)(x_i - x_{i-1}) + Q(\mu_i)(y_i - y_{i-1}) + R(\mu_i)(z_i - z_{i-1})$$

et

$$S(t_i, \tau_i) = \sum_1^m \lambda_i.$$

Par définition $P\,dx + Q\,dy + R\,dz$ est intégrable sur C et son intégrale vaut I (fini), si $\lim_{\omega=0} S(t_i, \tau_i) = 1$, les t_i, τ_i gardant toute l'indépendance compatible avec les conditions posées.

Si P, Q, R sont simplement assujettis à la *continuité* sur C, la condition nécessaire et suffisante pour que tout élément $P\,dx + Q\,dy + R\,dz$ soit intégrable sur C est que C soit *rectifiable*.

La condition nécessaire et suffisante pour que toute différentielle totale

$$P\,dx + Q\,dy + R\,dz = dU(x, y, z)$$

où P, Q, R *satisfont en outre à la condition de Lipschitz, soit intégrable sur* C, *est que* C *ait une longueur quadratique nulle.*

La condition est nécessaire. Car, si $x\,dx$ est intégrable sur C,

$$S(t_i, t_i) - S(t_i, t_{i-1}) = \sum_1^n (x_i - x_{i-1})^2$$

tend vers zéro avec ω.

Pareillement pour $y(t)$ et $z(t)$.

La condition est suffisante. Supposons $L^{(2)}C = 0$ et

$$|P(M') - P(M)| < k.MM', \quad \ldots.$$

D'après le théorème des accroissements finis,

$$U(M_i) - U(M_{i-1}) = P(\mu'_i)(x_i - x_{i-1}) + Q(\mu'_i)(y_i - y_{i-1}) + R(\mu'_i)(z_i - z_{i-1}),$$

μ'_i étant un point du segment $M_{i-1}M_i$. Donc

$$\delta_i = U(M_i) - U(M_{i-1}) - \lambda_i = [P(\mu'_i) - P(\mu_i)](x_i - x_{i-1}) + \ldots,$$
$$|\delta_i| < 3k\,\mu_i\mu'_i\,.\,M_{i-1}M_i.$$

Si ν_i, ν'_i sont les points de l'arc $M_{i-1}M_i$ les plus éloignés l'un de l'autre,

$$|\delta_i| < 3k(\nu_i\nu'_i)^2.$$

D'où

$$|U(B) - U(A) - S(t_i, \tau_i)| < 3k\sum_1^n (\nu_i\nu'_i)^2.$$

Comme l'arc $\nu_i\nu'_i$ est dans $M_{i-1}M_i$, le second membre tend vers zéro avec ω. $S(t_i, \tau_i)$ tend vers $U(B) - U(A)$. La différentielle totale est intégrable. C. Q. F. D.

Ce théorème semble caractériser les différentielles totales. Car $y\,dx$ n'est pas intégrable sur la courbe C de longueur quadratique nulle

$$x = \Sigma a_n \sin b_n t, \qquad y = \Sigma a_n \cos b_n t, \qquad z = t \quad (-\pi \leqq t \leqq \pi),$$

avec b_{n+1}/b_n entier impair $\geqq 5$ (b_1 impair), $\lim_{n\infty} a_n^2 b_n = 0$ (d'où $L^{(2)}C = 0$), $\Sigma a_n^2 b_n$ infini.

Si $t_i = i\pi/b_n$, $\tau_i = (i - 1/2)\pi/b_n$ $(-b_n \leq i \leq b_n)$,

$$S(t_i, \tau_i) \sim \pi \sum_{1}^{n-1} a_m^2 b_m \text{ infini avec } n.$$

BIOLOGIE MATHÉMATIQUE. — *Sur les solutions asymptotiques des équations différentielles de la théorie de croissance des organismes.* Note de M. **V. A. Kostitzin**, présentée par M. Vito Volterra.

1. Je vais étudier quelques cas particuliers de l'équation différentielle de croissance des organismes

$$p' = F(p, t), \tag{1}$$

en désignant par p le poids d'un organisme à l'âge t. Il serait plus régulier d'étudier l'équation plus générale

$$p' = F(p, m, n, t), \tag{2}$$

m étant le métabolisme et n la quantité de la nourriture absorbée par unité de temps. Or, on peut admettre que m et n sont des fonctions de p. C'est un fait bien connu ([1]) que pour un grand nombre de mammifères et d'oiseaux $m \sim ap^{2/3}$ (loi des surfaces); de même, pour les animaux adultes $n \sim bp^k$, k étant égal dans certains cas à 1, dans d'autres cas à 2/3 et même à 0. On peut donc se borner à l'étude de l'équation (1).

2. Malgré toutes les divergences individuelles ou spécifiques les courbes empiriques de croissance ont des caractères communs. Jusqu'à un certain âge τ le poids $p(t)$ est une fonction croissante de t; pour $t > \tau$, $p(t)$ décroît; désignons par ω la valeur maximale de p; sans grand inconvénient, dans la plupart des cas, on peut poser $\tau = \infty$, et l'on peut représenter p par la formule asymptotique suivante :

$$p \sim \omega - ce^{-\sigma t}. \tag{3}$$

Cette formule s'applique très bien aux mammifères et aux oiseaux, d'où l'on conclut ([2]) par une extension très naturelle que les mêmes lois déterminent la croissance de ces animaux. Je vais montrer que cette conclusion ne

([1]) *Agricultural Experiment Station of the University of Missouri* (*Research Bulletin*, 166, 1932, p. 89-101).

([2]) *Agric. Exper. Station of the Univ. of Missouri* (*Res. Bull.*, 104, 1927, p. 30).

découle pas de l'existence de l'expression asymptotique (3) mais que cette expression est le résultat d'hypothèses très simples sur la fonction $F(p, t)$ de l'équation (1).

Supposons en effet que le développement d'un animal se décompose en deux phases [1] : 1° phase de croissance accélérée; 2° phase de croissance ralentie. On peut très bien rendre compte de ces deux phases en admettant que $F(p, t) = \varphi(p) - \psi(p)$, $\varphi(p)$ étant l'accroissement de poids proprement dit et $\psi(p)$ le facteur de ralentissement analogue aux fonctions de concurrence ou d'auto-concurrence de M. Vito Volterra. On peut admettre que l'action de ce facteur est peu sensible au début du développement et que pour p suffisamment grand l'ordre de croissance de $\psi(p)$ est supérieur à celui de $\varphi(p)$. On a alors les inégalités suivantes :

$$\varphi(p) > \psi(p) \qquad (0 < p < \omega),$$
$$\varphi(p) < \psi(p) \qquad (\omega < p).$$

On a donc $F(\omega) = 0$, $F'(\omega) < 0$. Supposons $F(p)$ développable en série de Taylor aux environs du point ω. On a pour $(\omega - p)$ suffisamment petit

$$F(p) \sim -(\omega - p) F'(\omega), \qquad p' = -(\omega - p) F'(\omega),$$
$$p = \omega - c e^{F'(\omega) t}. \tag{3 bis}$$

On voit que l'expression asymptotique exponentielle de p s'obtient avec des hypothèses très larges sur la fonction $F(p)$.

3. On peut arriver au même résultat en modifiant les hypothèses sur $F(p, t)$. Admettons, par exemple, que le facteur de ralentissement $\psi(p)$ n'existe pas, et que le ralentissement de croissance découle du vieillissement. Dans ces conditions on peut poser

$$p' = \varphi(p) e^{-\sigma t},$$

ce qui donne

$$\sigma \int_{p_0}^{p} \frac{ds}{\varphi(s)} = 1 - e^{-\sigma t}.$$

Admettons que l'équation en p

$$\sigma \int_{p_0}^{p} \frac{ds}{\varphi(s)} = 1$$

a une solution ω. On retrouve pour t suffisamment grand la formule (3).

---

(1) *Agric. Exper. Station of the Univ. of Missouri* (*Res. Bull.*, **97**, p. 68; **98**, p. 33; **101**, 1927, p. 10).

Considérons un cas plus général. Soit

$$p' = F_0(p) + F_1(p)\, e^{-\sigma t}.$$

Admettons que

$$F_0(p) > 0 \qquad (0 < p < \omega),$$
$$F_0(\omega) = 0, \qquad F'_0(\omega) < 0, \qquad F_1(\omega) > 0,$$

et que les fonctions F_0 et F_1 sont développables en série de Taylor aux environs du point ω. Deux cas sont possibles :

1° $\qquad \lambda = -F'_0(\omega) < \sigma, \qquad p \sim \omega - c e^{-\lambda t};$

2° $\qquad \lambda = -F'_0(\omega) > \sigma, \qquad p \sim \omega - \dfrac{F_1(\omega)}{\sigma - \lambda} e^{-\sigma t}.$

Donc, dans les deux cas, p a la forme asymptotique exponentielle (3).

4. Il serait facile de trouver d'autres formes plus générales de la fonction $F(p, t)$, conduisant au même résultat. La même formule asymptotique (3) correspond à une très grande quantité d'hypothèses causales également simples et également plausibles. Cela explique très bien que pour t suffisamment grand la croissance d'espèces animales très variées peut être représentée par la formule (3). Ceci n'implique nullement que la fonction $F(p, t)$ soit la même pour toutes ces espèces et que la croissance de tous ces animaux obéisse aux mêmes lois. Dans le Mémoire que M. G. Teissier et moi préparons actuellement nous espérons montrer quelles divergences existent entre des espèces même très voisines et nous tenterons d'expliquer ces divergences.

CINÉMATIQUE APPLIQUÉE. — *Sur une théorie générale de tous les joints de transmission de rotations à couples d'emboîtement.* Note de M. **F. E. Myard**, présentée par M. d'Ocagne.

En approfondissant l'étude générale de tous les joints de transmission actuels, utilisant des couples d'emboîtement, nous avons été conduit à reconnaître qu'ils peuvent se ramener à une seule et même conception géométrique, tout entière contenue dans un théorème précédemment présenté à l'Académie (*Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1491); et, de ce fait, que la plupart de ces joints appartiennent à une grande classe caractérisée par la combinaison de *deux couples rotoïdes et d'un couple plan*, tandis que les autres joints doivent être considérés comme des cas particuliers limites et

transformés de cette même classe, et, par conséquent, sous la dépendance exacte de cette théorie.

Nous ajouterons que — si dans le théorème qui vient d'être rappelé, nous avons supposé le cas général pratique où chacun des deux couples rotoïdes de liaison rencontre son axe correspondant et lui est normal (auquel cas, nous obtenons la continuité de rotation, et le rapport algébrique des vitesses instantanées) — d'une façon plus étendue encore, la liaison peut subsister si chacun des deux couples rotoïdes est disposé d'une façon *arbitraire* par rapport à son axe correspondant (concourant ou non, oblique ou parallèle). Mais alors, cette liaison dépendant de l'intersection des deux surfaces réglées de révolution engendrées respectivement par les deux couples rotoïdes autour de leur axe correspondant, il en résulte que la liaison n'est plus forcément continue (quant au sens de rotation), et même, peut être imaginaire.

Incidemment, remarquons ceci : le couple plan qui lie les deux couples rotoïdes équivaut à trois degrés de liberté, c'est-à-dire à trois couples rotoïdes d'axes perpendiculaires à ce plan, donc parallèles entre eux. Si nous ajoutons les deux couples rotoïdes portés par le bâti, le système est, par suite, équivalent à une chaîne fermée ayant sept couples rotoïdes. Par conséquent, le théorème nous donne, en outre, la démonstration directe de cette proposition connue : Toute chaîne fermée possédant au moins sept couples rotoïdes est toujours déformable. Et de plus, nous voyons qu'en principe elle est déformable au premier degré de liberté si, sur les sept, trois des couples rotoïdes *voisins* sont parallèles entre eux.

Enfin et surtout, dans une prochaine étude géométrique et analytique détaillée, nous ferons apparaître les résultats suivants :

1° La théorie générale (que nous avons dégagée quant à la liaison rotative des axes) s'applique *directement* à une longue série de joints : Tracta, Myard, Derby, nouveau joint homocinétique de Myard, joint de Hooke et tous ses dérivés ou analogues : Crompton, Voran, Retel, Méchanic, etc., qui, de ce fait, appartiennent à la grande classe ci-dessus mentionnée.

2° La théorie générale s'applique, *par équivalence*, à divers mécanismes de transmission : mécanisme homocinétique de Myard (*Génie civil*, t. 98, n° 2, 1er semestre 1931), joint de Kœnigs, etc.

3° La théorie générale s'applique, *par extension*, aux divers joints à centre unique, lesquels sont, tout simplement, des cas particuliers limites et transformés de la classe générale : joints de Cardan, Oldham, joints homocentriques dérivés de Hooke tels que Parvillé, Villard, etc.

En résumé, cette analyse cinématique nous fera voir que tous ces dispositifs très différents de réalisation, apparemment disparates et procédant quelque peu de l'artifice intuitif et de l'ingéniosité mécanique, se groupent, en réalité, en une harmonie géométrique parfaite, dans laquelle toute limite atteinte correspond à une transformation paramétrique (degrés de liberté), la liaison entre ces diverses transformations étant régie par de remarquables lois d'ensemble et d'équivalence de forme mathématique.

Il y a lieu de constater l'existence de deux cas faisant exception à la théorie générale : celui du Mécanisme de Bennett et celui de la Chaîne à cinq couples rotoïdes, déformable au premier degré de liberté (Chaîne n° 2, sans plan de symétrie), que nous avons précédemment trouvée ([1]).

Cette double exception est logique puisque ces deux systèmes représentent deux chaînes *paradoxales* (tandis que le théorème correspond, sous sa forme générale, à une chaîne fermée ayant sept couples rotoïdes, donc déformable *a priori*, et, dans les cas particuliers limites, à des chaînes déformables possédant moins de sept couples, mais qui toutes sont *banales*).

Nous avons encore obtenu un deuxième théorème définissant une autre possibilité théorique de liaison rotative généralisée entre deux axes, et que nous nous proposons de signaler prochainement. Mais nous signalerons que tous les joints actuels ont une disposition géométrique commune qui les fait dépendre du premier théorème *uniquement*. D'où la théorie développée ci-dessus.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Un cas particulier du problème des n corps à masses variables*. Note ([2]) de M. **M. Mendes**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Supposons que les masses des n points M_i soient de la forme $m_i = \mu_i \psi(t)$, où les μ_i sont des constantes.

1. Selon que l'on adopte pour loi du mouvement l'une des relations

$$m\frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F} \qquad \text{ou} \qquad \frac{d}{dt}(m\vec{v}) = \vec{F},$$

([1]) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1194, 1352, 1527. Voir aussi *Bull. Soc. math. de France*, 59, fasc. III-IV, 1931, p. 183.

([2]) Séance du 13 mars 1933.

les équations de problème sont

$$\frac{d^2x_i}{dt^2}=f\psi\sum_{j\neq i}\mu_j\frac{x_j-x_i}{r_{ij}^3},\quad\ldots\quad\text{ou}\quad\frac{d}{dt}\left(\psi\frac{dx_i}{dt}\right)=f\psi^2\sum_{j\neq i}\mu_j\frac{x_j-x_i}{r_{ij}^3},\quad\ldots.$$

L'une des formes se ramène à l'autre par un changement de variable effectué sur le temps.

Nous étudions dans cette Note la première forme.

2. Posons $U'=U/\psi^2$, $2T'=2T/\psi$. Les équations du mouvement peuvent s'écrire

$$\mu_i\frac{d^2x_i}{dt^2}=\psi\frac{\partial U'}{\partial x_i},\quad\ldots.$$

On a les intégrales du centre de gravité et celles des aires, et la combinaison des forces vives prend la forme simple

$$\frac{dT'}{dt}-\psi\frac{dU'}{dt}=0.$$

On en déduit une formule analogue à celle de Lagrange-Jacobi, mais du troisième ordre

$$\frac{1}{\psi^2}\frac{d^3K}{dt^3}=2\frac{d}{dt}\left(\frac{U'}{\psi}\right),$$

avec $K=\Sigma\mu_i\mu_j r_{ij}^2/\Sigma\mu_i$, qui donne une intégrale première si

$$\psi=\frac{1}{\sqrt{At^2+Bt+C}}.$$

3. Les équations du mouvement se présentent sous la forme canonique en prenant pour variables les coordonnées x_i, y_i, z_i et les projections des quantités de mouvement p_i, q_i, r_i des points M_i, et pour fonction caractéristique

$$H=\frac{1}{2}\sum\frac{p_i^2+q_i^2+r_i^2}{\mu_i}-\frac{U}{\psi}.$$

Le changement de variables $\xi_i/x_i=\eta_i/y_i=\zeta_i/z_i=\psi$, $d\tau/dt=\psi^2$ conduit aux équations

$$\frac{d^2\xi_i}{d\tau^2}=f\sum_{j\neq i}\mu_j\frac{\xi_j-\xi_i}{\rho_{ij}^3}+\frac{\psi\psi''-2\psi'^2}{\psi^6}\xi_i,\quad\ldots,$$

On en déduit par la méthode de la variation des constantes que les coordonnées peuvent se mettre sous la forme $x_i=a_it+b_i$, ..., a_i, b_i, ... vérifiant des équations du premier ordre.

Ces équations permettent de montrer que, si le produit $\psi t^{\frac{1}{p}}$ (p entier positif) est une fonction holomorphe de t pour $t=\infty$, les distances r_{ij} sont en général des infiniment grands du premier ordre pour les très grandes valeurs positives de t.

En particulier, si $p=1$, les mouvements de tous les points tendent à être rectilignes et uniformes.

Des changements de variables de la forme

$$\frac{\xi_i}{x_i}=\frac{\eta_i}{y_i}=\frac{\zeta_i}{z_i}=\rho(t), \qquad \frac{d\tau}{dt}=\sigma(t)$$

permettent dans certains cas particuliers de ramener le problème à un problème à masses fixes, n points de masses μ_i s'attirant suivant la loi de Newton et étant, de plus, attirés (ou repoussés) par l'origine et soumis à une résistance (positive ou négative) du milieu.

4. Dans le problème des trois corps, des calculs analogues à ceux de Lagrange montrent que la recherche des distances mutuelles dépend en général d'un système de trois équations différentielles, dont deux sont du troisième ordre, une du second ordre, l'ordre s'abaissant d'une unité si

$$\psi=\frac{1}{\sqrt{At^2+Bt+C}}.$$

On peut également étudier le cas où les distances mutuelles restent dans un rapport constant par la méthode de Lagrange ou traiter la même question pour n quelconque en généralisant la méthode d'Andoyer ([1]).

5. La combinaison des forces vives donne

$$T'-\psi U'=-\int_{t_0}^{t}\psi' U\, dt+h.$$

Si ψ est une fonction croissante dans un intervalle (t_0, t_1) comprenant t, on a donc $T'-\psi U'<h$. L'existence d'une limite inférieure positive pour les r_{ij} entraîne alors l'existence d'une limite supérieure fixe pour les composantes des vitesses pendant le même intervalle de temps. Ce fait permet de compléter un résultat antérieur ([2]) et de montrer que le mouvement ne

---

([1]) H. ANDOYER, *Bulletin astronomique*, 23, 1906, p. 50. Voir également G. MEYER, *Annales de l'Observatoire de Bordeaux*, 17, 1933, p. 84.

([2]) M. MENDES, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 597.

peut cesser d'être régulier à un instant t pour lequel on a $\psi' > 0$ que si la plus petite distance tend vers zéro lorsque t tend vers cette valeur.

On peut ajouter que, dans le cas de trois corps, c'est alors toujours la même distance qui tend vers zéro.

6. Une généralisation des masses $\mu_i \psi(t)$ est donnée par les masses $m_i = \varphi(t)(\alpha_i t + \beta_i)$, qui admet trois intégrales premières dont l'une est

$$\sum_i (\alpha_i t + \beta_i) \frac{dx_i}{dt} - \sum_i \alpha_i x_i = \text{const.}$$

MESURES ÉLECTRIQUES. — *Sur une nouvelle forme de voltamètre à argent.* Note [1] de MM. **M. Picard** et **A. Stampa**, présentée par M. Paul Janet.

Conformément à une décision du Comité consultatif d'Électricité près la Commission internationale des Poids et Mesures, nous avons effectué, au Laboratoire Central d'Électricité, une détermination, par la méthode du voltamètre à argent, de la force électromotrice des éléments au cadmium de cet Établissement.

Après avoir utilisé divers modèles de voltamètre nous avons été conduits à en établir un nouveau qui nous a donné toute satisfaction et que nous croyons utile de signaler.

Dans tous les types de voltamètre, l'argent électrolysé se dépose sur une coupelle en platine contenant l'électrolyte. Si l'on ne prend pas de précautions spéciales, toute parcelle d'argent détachée de l'anode serait recueillie par cette coupelle et augmenterait la masse apparente du dépôt. Pour éviter cette cause d'erreur Lord Rayleigh, dans ses premières expériences, entourait l'anode de papier filtre ; on a dû renoncer à ce procédé, le papier introduisant dans l'électrolyte des matières organiques susceptibles de le décomposer.

Aujourd'hui on emploie couramment les dispositifs de Kohlrausch et de Smith dans lesquels une petite coupelle de verre est placée sous l'anode de façon à recevoir les particules qui s'en détachent. Dans l'appareil de Smith, un cylindre de verre rodé sur la coupelle permet d'emprisonner le liquide anodique. Malheureusement, il est assez difficile de manœuvrer ces pièces de verrerie sans agiter l'électrolyte. D'autre part, en raison de l'ouverture

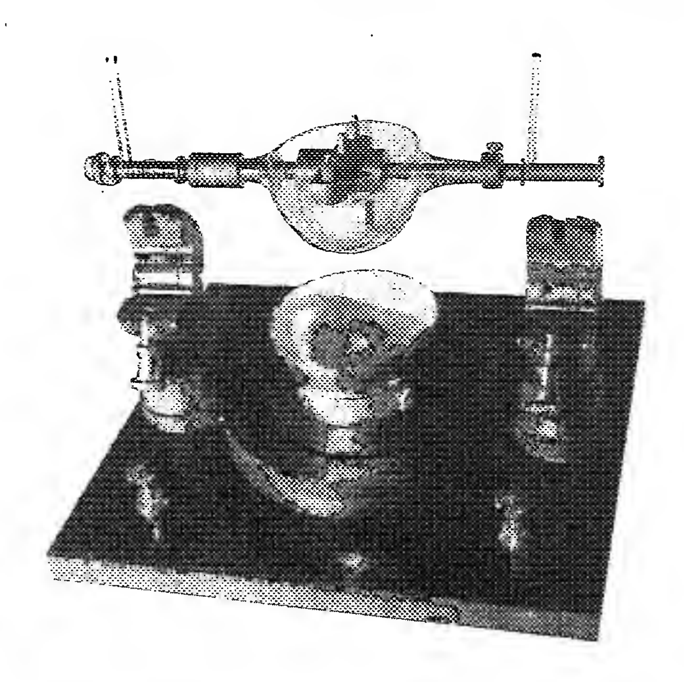
---

[1] Séance du 13 mars 1933.

annulaire du séparateur, le dépôt, obtenu sous une densité de courant relativement élevée, ne couvre qu'une partie de la cathode.

Pour remédier à ces inconvénients nous avons imaginé le modèle de voltamètre que nous allons décrire.

Dans cet appareil (voir la figure) la cathode est une coupelle hémisphérique de platine de 100^{mm} de diamètre. L'anode est constituée par un cylindre d'argent pur de 30^{mm} de diamètre et 15^{mm} de hauteur.



Pour recueillir les parcelles d'argent qui pourraient tomber au fond de la cathode une coupelle de verre, percée d'orifices latéraux, entoure complètement l'anode. Elle est placée dans une position telle que sa paroi latérale empêche les particules pouvant flotter à la surface du bain d'atteindre la cathode. Par suite de la disposition des orifices, favorable à une répartition uniforme du courant dans l'électrolyte, le dépôt obtenu couvre entièrement la cathode.

Une deuxième coupelle hémisphérique en verre, mobile autour d'un arbre horizontal, permet, en fin d'opération, d'isoler l'ensemble anodique sans agitation susceptible d'entraîner des parcelles d'argent hors du séparateur.

L'arbre horizontal, qui repose sur deux paliers en ébonite pouvant s'ouvrir, supporte également l'anode d'argent et son arrivée de courant.

La position relative des divers éléments du voltamètre est déterminée par le réglage des paliers; de plus leur ouverture permet d'enlever avec l'arbre le séparateur contenant l'anode et le liquide anodique.

Les montages et nettoyages des divers organes de l'appareil peuvent s'effectuer très facilement; de plus, aucune pièce métallique ne se trouve au voisinage immédiat de l'électrolyte.

Dix expériences exécutées avec deux voltamètres en série nous ont conduit à attribuer la valeur de 1,01817 volt international à la force électromotrice des éléments au cadmium étudiés.

(Le volt international étant la différence de potentiel produite aux bornes d'une résistance d'un ohm international par un courant d'une intensité telle qu'il dépose $1^{mg},11800$ d'argent par seconde.)

Il nous paraît intéressant de signaler que d'autres expérimentateurs ont récemment trouvé par la même méthode la valeur 1,01827 volt international pour la force électromotrice des éléments au cadmium du Bureau of Standards.

L'ohm tel qu'il est conservé au Laboratoire Central d'Électricité étant supérieur de 7 cent-millièmes à celui du Bureau of Standards et la force électromotrice des éléments au cadmium du Laboratoire Central d'Électricité étant inférieure de 6 cent-millièmes à celle des éléments du Bureau of Standards (¹), les résultats de nos expériences nous conduisent à attribuer à la force électromotrice des éléments au cadmium du Bureau of Standards la valeur de 1,01830 volt international.

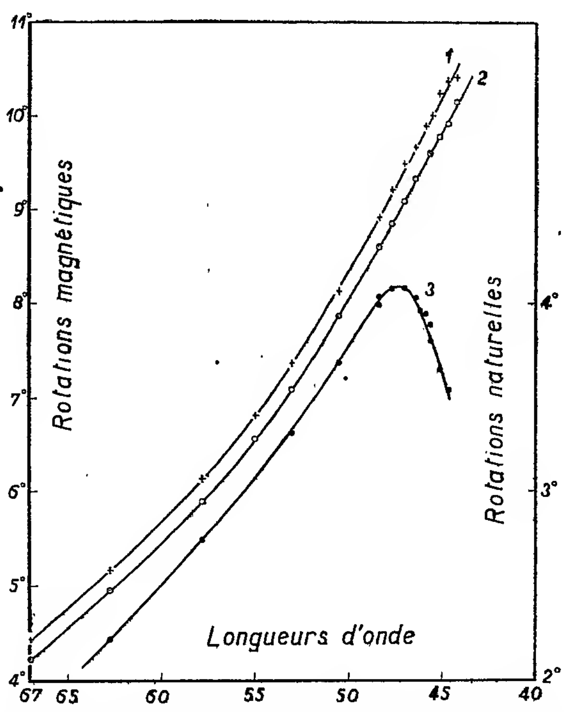
POLARISATION ROTATOIRE MAGNÉTIQUE. — *Sur l'effet Faraday d'un dérivé du camphre.* Note (²) de M. J. VERHAEGHE, présentée par M. A Cotton.

En étudiant les rotations naturelles et magnétiques d'un certain nombre de corps présentant des régions d'absorption dans le spectre visible, Pfleiderer (³) avait trouvé pour les solutions benzéniques du diphénylméthylène-camphre une certaine corrélation entre les dispersions rotatoires magnétique et naturelle. En même temps il était amené à attribuer

(¹) Résultats de comparaisons directes effectuées en 1932.
(²) Séance du 27 février 1933.
(³) *Zeitschr. f. Phys.*, 39, 1926, p. 663.

à ce dernier corps des rotations magnétiques négatives dans les régions de transparence.

Quoique divers auteurs ([1]) aient insisté sur l'importance et la nécessité de nouvelles mesures, nous ne croyons pas que des résultats positifs aient déjà été publiés. Miescher ([2]) a étudié la dispersion rotatoire magnétique



1, rotation magnétique d'une solution saturée de diphénylméthylène-camphre dans l'hexane ($d = 0,6915$); 2, rotation magnétique de l'hexane; 3, rotation naturelle d'une solution benzénique du même produit.

de solutions de camphrequinone dans le benzène et le toluène; il n'a pas trouvé d'anomalie dans la région d'absorption et il montre que du fait que la rotation de la solution est moins grande que celle du dissolvant, on ne doit pas nécessairement conclure à une rotation négative.

Les mesures que nous avons faites avec le diphénylméthylène-camphre montrent clairement un sens de rotation positif. Comme dissolvant nous

([1]) R. DE MALLEMAN, *Bull. Soc. fr. Phys.*, 8, 1927, p. 30 S; G. BRUHAT, *Traité de polarimétrie*, 1930, p. 387.

([2]) *Helvetica Physica Acta*, 3, 1930, p. 93.

avons utilisé l'hexane (solution saturée, densité 0,6915). Ce corps se prête mieux aux mesures que le benzène, sa constante de Verdet étant plus faible. Une série de mesures effectuées au moyen de solutions benzéniques nous ont montré en effet qu'il est difficile de distinguer la courbe de dispersion des solutions benzéniques de celle du benzène pur.

Le travail a été effectué à l'aide d'une cuve d'une épaisseur de 10^{mm} placée entre les pôles d'un électro-aimant de Weiss donnant un champ de 15000 gauss. Les résultats de nos expériences sont réunis dans la figure ci-dessus.

Nous n'avons pas trouvé non plus la forte anomalie signalée par Pfleiderer dans le voisinage de la bande d'absorption.

Certes, il n'aurait pas été sans intérêt (¹) d'étudier le phénomène de part et d'autre de la région absorbante, mais des mesures faites par M. H. Fimmers, qui nous a préparé aussi le produit, ont montré qu'il s'agit en réalité d'une zone d'absorption très forte et très étendue, ce qui rend l'observation de l'effet Faraday très difficile.

PHOTOMÉTRIE. — *Une solution du problème de la photométrie hétérochrome des lampes à incandescence.* Note de M. G. **Ribaud**, présentée par M. A. Cotton.

Nous nous proposons de montrer, dans la présente Note, que la mesure en bougies internationales (définies par des lampes étalons à filament de carbone) de l'intensité lumineuse de lampes à filament de tungstène de températures de couleur élevée peut être effectuée, sans passer par l'intermédiaire de corps noir ou d'un filtre (²), par une simple mesure spectrophotométrique portant sur une seule longueur d'onde.

Considérons par exemple une lampe photométrique à filament de tungstène dans le vide, portons-la successivement à son régime normal (température de couleur $T = 2360°K.$), puis à un régime tel que sa température de couleur soit voisine de celle des lampes étalons à filament de carbone ($T_0 = 2080°K.$) (³); mesurons, pour une longueur d'onde λ_0 du

(¹) R. de Malleman, *loc. cit.*

(²) Voir notre précédente Note (*Comptes rendus*, 196, 1933, p. 687). Erratum de cette Note : le renvoi (²) doit être placé à la fin du texte.

(³) Sous ce régime on fera la mesure de l'intensité lumineuse I_0 en bougies « carbone ».

centre du spectre visible, le rapport N_0 des intensités spectrales de la lampe sous les deux régimes. Si l'on désigne par ε et ε_0 les pouvoirs émissifs de couleur sous ces deux régimes, on a, pour toute radiation λ, la relation

$$(a) \qquad \varepsilon e^{-\frac{c_2}{\lambda T}} = N.\varepsilon_0 e^{-\frac{c_2}{\lambda T_0}},$$

N représentant le rapport des intensités spectrales pour la radiation λ.

N est relié à N_0 par la formule

$$(b) \qquad \lambda \log\left(N\frac{\varepsilon_0}{\varepsilon}\right) = \lambda_0 \log\left(N_0\frac{\varepsilon_0}{\varepsilon}\right)$$

qui permet le *calcul* de N pour chaque λ.

Le rapport des intensités lumineuses totales de la lampe sous les deux régimes est alors donné par la formule

$$(c) \qquad \frac{I}{I_0} = \frac{\varepsilon \int_0^\infty \lambda^{-5} e^{-\frac{c_2}{\lambda T}} V_\lambda \, d\lambda}{\varepsilon_0 \int_0^\infty \lambda^{-5} e^{-\frac{c_2}{\lambda T_0}} V_\lambda \, d\lambda} = \frac{\int_0^\infty N \lambda^{-5} e^{-\frac{c_2}{\lambda T_0}} V_\lambda \, d\lambda}{\int_0^\infty \lambda^{-5} e^{-\frac{c_2}{\lambda T_0}} V_\lambda \, d\lambda};$$

le dernier rapport permet le *calcul* de I/I_0.

Influence du terme $\varepsilon_0/\varepsilon$. — Pour le tungstène $\varepsilon_0/\varepsilon$ est très voisin de 1 (1,023); il n'est pas nécessaire de connaître ce rapport avec précision; en l'assimilant à 1 on introduirait une erreur sur I n'atteignant pas 1/1000e.

Écarts avec la loi du corps noir. — On sait que le tungstène a un rayonnement qui s'écarte légèrement de celui du corps noir, les écarts toutefois sont faibles, de l'ordre de 0,5 pour 100 à 1600° K. et de 1 pour 100 à 2600° K. [1]; on peut en tenir compte dans le calcul du rapport des deux dernières intégrales de (c); la correction reste inférieure à 1/2000e.

Influence de la dilatation du fil. — En toute rigueur, il faudrait dans l'équation (a) tenir compte du fait que, sous les deux régimes les surfaces S et S_0 de filament ne sont pas identiques; mais la correction, qui consiste à remplacer dans (b) $N\varepsilon_0/\varepsilon$ par $N\varepsilon S_0/\varepsilon S$, est tout à fait négligeable.

Importance de I_0. — Une incertitude de 10° sur la température de couleur T_0 qui figure dans le dernier membre de (c) n'introduit pas une erreur supérieure à 1/1000e.

La méthode ci-dessus est applicable jusqu'aux plus hautes températures

---

(1) Voir RIBAUD, *Traité de Pyrométrie optique*, p. 127.

de couleur fournies par les lampes à filament de tungstène (3300° K.); elle ne nécessite l'emploi d'aucune source autre que la lampe elle-même, elle évite en particulier la réalisation d'un corps noir de température élevée; elle doit fournir une précision supérieure à la méthode des filtres; elle peut d'ailleurs servir à la mesure du facteur total de transmission de ces filtres ([1]).

RAYONS X. — *Étude des niveaux* M *du fer aimanté.* Note de M. **Privault**, présentée par M. Jean Perrin.

Étant donnée l'incertitude des théories actuelles du ferromagnétisme, je me suis proposé de rechercher si l'aimantation du fer n'était pas accompagnée d'une modification importante des niveaux énergétiques extérieurs de l'atome. Dans cette intention, j'ai cherché à faire émettre des rayons X par une anticathode de fer froide fortement aimantée, rayons que j'analysais à l'aide d'un spectrographe à cristal tournant. Les raies $K\beta_1$ ($\lambda = 1753{,}01$ U. X.) et $K\beta_5$ ($\lambda = 1740{,}80$ U. X.) permettent d'atteindre respectivement les niveaux M_3 et M_5. Le niveau M_5 est l'avant-dernier niveau du fer. Le dernier niveau, N_1, est impossible à atteindre avec les raies K.

L'appareil que j'ai employé jusqu'ici pour produire les rayons X du fer aimanté est un tube Beaudouin normal, muni d'une anticathode de fer massive, et refroidie par un courant d'eau. Le cache de laiton mince avait été remplacé par un tube de fer massif, servant de contre-fer à l'anticathode.

Le champ magnétique était produit par deux bobines spéciales comportant chacune 600 spires de fil de 2^{mm} de diamètre, et refroidies par une circulation d'eau. Le bobinage était ainsi constitué : une couche de tube de cuivre rouge de 6^{mm} de diamètre extérieur, deux couches de soie bakélisée; cinq couches de fil isolé par deux couches de soie; deux couches de soie bakélisée; une couche de tube, etc. La soie avait été préférée au coton à cause de son peu d'épaisseur, qui permet une meilleure évacuation de la chaleur. Ces bobines, qui, sans refroidissement, ne supporteraient pas plus de 8 ampères en régime continu, supportent 35 ampères lorsque le courant d'eau est établi, sans que la température des enroulements, contrôlée par un couple thermo-électrique, dépasse 100°. La puissance

([1]) *Loc. cit.* [note ([2]) de la page 852].

dépensée dans les deux bobines était de 3,5 kilowatts, la force magnétomotrice de 42000 ampères-tours, l'encombrement de chaque bobine, de forme ovale, de $25 \times 22 \times 6^{cm},5$.

L'induction obtenue, mesurée à la surface de l'anticathode, est d'environ 5000 gauss. Elle correspond au quart de l'aimantation de saturation.

Dans de tels champs, l'afflux d'électrons sur l'anticathode, et l'émission des rayons X se produisent de façon tout à fait normale. Les rayons cathodiques s'enroulent autour des lignes de force magnétiques, et, celles-ci étant à peu près normales à la surface de l'anticathode, la tache cathodique prend exactement les dimensions du filament émetteur. Le fait a été vérifié par des mesures faites avec une chambre noire munie d'un écran fluorescent. Les dimensions de la tache étaient de $6,5 \times 2^{mm}$.

Pour éviter l'échauffement de l'anticathode, le tube fonctionnait sous 20 kilovolts, 1 milliampère. L'échauffement de l'anticathode ne peut être mesuré directement. Mais le calcul montre que la puissance de 20 watts, dépensée sur une tache cathodique de 13^{mm^2}, ne produit pas à travers l'épaisseur de 1^{cm} de l'anticathode une chute de température de plus de 67°. La dimension de la tache a d'ailleurs une importance relativement faible. Fût-elle réduite à 4^{mm^2}, la chute de température serait de 120°. Il semble donc que la température de la surface de l'anticathode ne dépassait pas 100° pendant les expériences, et qu'on se trouvait largement en dessous du point de Curie.

Afin d'éviter des temps de pose exagérés, le spectrographe employé était de dimensions moyennes (20^{cm} de rayon), et fonctionnait dans une atmosphère d'hydrogène. J'utilisais les réflexions du premier ordre sur un cristal de calcite. La largeur de la fente du spectrographe était de $0^{mm},05$. Un châssis très stable permettait la superposition exacte du spectre avec champ magnétique, et d'un spectre de comparaison. Le temps de pose était d'environ 9 heures pour chacun des deux spectres, pris dans les mêmes conditions de fonctionnement du tube.

Les spectres obtenus présentaient une raie β_1 intense, assez difficile à pointer avec une machine à diviser, étant formée d'un doublet non séparé, et une raie β_5 beaucoup plus faible dont j'étudiais l'écart avec β_1 à l'aide d'un microphotomètre de Moll.

La moyenne des pointés effectués sur la raie formée dans le champ magnétique présente, avec la moyenne des pointés effectués sur la raie de comparaison, un écart de $+ 0,03$ U. X. Le plus grand écart avec cette moyenne est de 0,14 U. X. ($0^{mm},01$ sur la plaque).

La moyenne des mesures de l'écart des raies β_1 et β_5 produites dans le champ magnétique diffère de + 0,025 U.X. de la moyenne des mesures effectuées sur les spectres de comparaison. Le plus grand écart avec cette moyenne est de 0,12 U.X.

La forme des raies ne semblait pas altérée par le champ magnétique.

Dans ces conditions, il semble très probable que les longueurs d'onde des raies β_1 et β_5 restent constantes, la première à 0,05 U.X. près, la seconde à 0,1 U.X. près.

Si l'on admet que le niveau K ne peut être modifié que sous la forme d'un effet Zeeman absolument négligeable, les énergies des niveaux M_3 et M_5, qui sont respectivement de 55,5 et 5,4 volts-électrons, restent constantes à 0,2 et 0,4 V.-E. près dans les conditions de mes expériences.

Je compte recommencer ces expériences avec un tube spécial, en cours d'essai, qui me permettrait d'atteindre les trois quarts de la saturation du fer et peut-être d'opérer par fluorescence, essayer d'atteindre le niveau N à l'aide d'un spectrographe à raies L et d'un réseau de 1200 traits que m'a prêté M. J. Thibaud.

RADIOACTIVITÉ. — *Spectrographie, par diffraction cristalline, des rayons γ et X de la famille du thorium.* Note de M. **M. Valadares**, présentée par M. Jean Perrin.

La spectrographie par diffraction cristalline (méthode du cristal tournant) des rayons γ et X de la famille du thorium a été réalisée par J. Thibaud (1) et L. Meitner (2). Ces auteurs ont employé comme sources des ampoules contenant du mésothorium, du radiothorium et du thorium X. Nous avons réussi a obtenir un certain nombre de clichés en utilisant comme sources des plaques métalliques activées dans une atmosphère de thoron.

L'appareil employé dans nos essais est celui qui a servi à M. Frilley (3) pour ses recherches sur le spectre γ de la famille du radium. Comme M. Frilley a montré que, d'une manière générale, c'est dans la région des longueurs d'onde supérieures à 100 UX que la spectrographie cristalline est plus précise que l'analyse du spectre β naturel, nous nous sommes borné à l'étude de cette région.

(1) *Thèse*, 1926.
(2) *Zeit. f. Phys.*, 52, 1928, p. 645.
(3) *Thèse*, 1928.

Outre le dépôt actif nous avons utilisé des ampoules de mésothorium (équivalent en Ra : 30^{mg} à travers 1^{cm} de plomb) et radiothorium (équivalent en Ra : 25^{mg}, à travers 1^{cm} de plomb), les poses avec ces ampoules variant entre 3 et 15 jours.

Quand on emploie le dépôt actif du thoron on est obligé de remplacer la source plusieurs fois pour obtenir un seul cliché. Ainsi pour avoir la raie de 143 UX il nous a fallu renouveler la source dix fois, chaque source ayant une intensité, en moyenne, de 16 millicuries.

La distance entre le cristal et la plaque photographique a varié entre 20 et 60^{cm}. Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau suivant, où seules les raies 143, 160 et 165 UX avaient été signalées par les auteurs précédents.

λ (en UX).	V (en UX).	Intensité.	Sources employées.
103........	–	moyenne	MsTh; RdTh; dépôt actif
118........	105	très faible	MsTh
143........	86,3	moyenne	MsTh; RdTh; dépôt actif
160........	77,1	très forte	MsTh; RdTh; dépôt actif
165........	74,8	forte	MsTh; RdTh; dépôt actif
285........	–	faible	MsTh; RdTh
320........	–	»	MsTh; RdTh
330........	–	»	MsTh; RdTh
387........	31,9	très faible	MsTh; RdTh

Entre les raies 165 UX et 285 UX nous avons pu voir trois raies cependant si faibles que leur position est très incertaine; nous espérons pouvoir la préciser à l'aide d'une source plus forte.

Les raies 285, 320 et 330 UX sont les deuxièmes ordres de 143, 160 et 165 UX; de même la raie 103 UX doit être le deuxième ordre d'une raie de 52 UX qui a été observée par Thibaud et que d'ailleurs nous avons pu confirmer.

La raie 143 UX semble être un doublet (139 et 143), ce qui est confirmé par le fait que la raie de deuxième ordre est très élargie. Ce rayonnement de 143 UX avait été attribué par les auteurs précédents au radiothorium. Or nous avons pu trouver cette raie en employant comme source le dépôt actif, ce qui prouve qu'elle appartient à une transformation postérieure à la désintégration du radiothorium, probablement à la transformation ThB → ThC. Il est à remarquer que cette même raie (plutôt un doublet) a été trouvé par Frilley dans le rayonnement du dépôt actif du radon.

Les raies 160 et 165 UX appartiennent aux rayons $K\alpha_1$ et $K\alpha_2$ du numéro atomique 83 (transformation ThB → ThC). La raie 160 UX ($K\alpha_1$)

est beaucoup plus intense que la raie 165 ($K\alpha_2$) comme dans le rayonnement d'un tube à rayons X; l'analyse du spectre β naturel avait conduit à penser [1] que dans les émissions radioactives c'était la raie $K\alpha_2$ qui était plus forte que $K\alpha_1$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action des ultrasons sur les plaques photographiques.* Note de MM. **N. Marinesco** et **J.-J. Trillat**, présentée par M. Jean Perrin.

Certaines réactions chimiques telles que l'hydrolyse du diméthylsulfate sont considérablement accélérées lorsque les réactifs en présence sont irradiés par des ultrasons d'intensité suffisante [2]. Par ailleurs l'un de nous a montré que les ultrasons modifient profondément la structure d'un colloïde tel qu'un gel de gélatine [3] et produisent des dispersions excessivement fines soit à l'intérieur d'un hydrosol, soit à la limite de deux phases en contact [4].

Il nous a semblé possible dans ces conditions que les plaques photographiques et les papiers au gélatino-bromure fussent sensibles aux ondes élastiques de haute fréquence, d'une part, à cause de la présence du sel d'argent capable de réagir avec les diverses substances réductrices et, d'autre part, à cause des modifications produites par les ultrasons dans le support colloïdal. Nous avons fait plusieurs séries d'expériences dans ce sens en utilisant comme source d'ultrason deux quartz piézo-électriques fonctionnant dans l'huile, de $6^{mm},5$ et 2^{mm} d'épaisseur suivant l'axe électrique, donnant respectivement, comme fréquence élastique, 428000 et 1435000 cycles-seconde. La puissance transmise au milieu, donc aux plaques sensibles, était d'environ 80 watts par centimètre carré de surface de quartz. Les plaques (étiquette bleue, S. E., Opta, Lumière) et les papiers au gélatino-bromure (Lypa, Lumière) étaient enfermées dans une boîte en feuille de cuivre très mince étanche à la lumière mais laissant passer l'ultrason; celle-ci servait en même temps de cuve contenant, suivant le cas, de l'eau ou du révélateur, et la plaque sensible, faisant un angle de 12° avec la

(1) Rutherford, Chadwick et Ellis, *Radiations from radioactive substances*, p. 363.
(2) Loomis et Richards, *Journ. Am. Chem. Soc.*, 49, 1927, p. 3097.
(3) N. Marinesco, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1824.
(4) N. Marinesco, *Comptes rendus*, 196, 1933. p. 346.

direction de propagation des ultrasons, était maintenu un temps donné dans un de ces liquides et irradiée par les ondes élastiques provenant du quartz. Nous avons fait quatre groupes d'expériences :

1° La couche sensible vierge était ultrasonnée dans l'eau puis révélée et fixée;

2° La couche sensible vierge était ultrasonnée dans le révélateur puis fixée;

3° Deux couches sensibles vierges, avec une bande centrale cachée par du papier noir, étaient exposées 0,2 seconde à une lumière indirecte; une était ensuite ultrasonnée dans le révélateur alors que l'autre était gardée comme témoin dans le même révélateur, le même temps et dans l'obscurité. Les deux échantillons étaient ensuite fixés en même temps.

4° Deux clichés sous-exposés, pris dans les mêmes conditions photométriques, sont révélés le même temps, un normalement à la chambre noire et l'autre dans la cuve ultrasonnée.

Nous nous sommes efforcés de maintenir une même température autant pour la plaque témoin que pour celle soumise à l'action des ultrasons; on arrêtait l'opération au moment où l'écart dépassait un à deux degrés. Du reste, même quand la température était plus élevée dans le bain du témoin, le cliché ultrasonné sortait toujours plus noir au développement. Voici les résultats correspondant aux quatre groupes d'expériences :

1° La couche sensible sort de l'eau sans impression apparente, mais dans le révélateur on obtient un voile très léger dont la nature nous semble encore incertaine. En ultrasonnant jusqu'à 3 minutes sous un fort régime, la couche sensible est dispersée à l'état colloïdal (1) dans l'eau.

2° Voile très léger et, comme précédemment, une séance d'ultrason à grande puissance et prolongée produit une dispersion de la couche sensible au sein du révélateur.

3° Le témoin noircit sur les bandes latérales déjà impressionnées, la bande centrale restant intacte. La plaque ultrasonnée noircit beaucoup plus sur les bandes latérales et même présente un léger voile sur la bande centrale non impressionnée par la lumière.

4° Le cliché développé normalement est tout à fait sous-exposé alors que celui révélé dans la cuve ultrasonnée est beaucoup plus noir.

Enfin d'une manière générale les plaques développées dans l'ultrason n'ont pas une densité uniforme de noircissement des régions plus opaques

(1) N. Marinesco, *loc. cit.*

voisinant avec des régions plus claires; ce phénomène est dû, sans doute, au régime stationnaire et tourbillonnaire des ondes élastiques de haute fréquence.

En résumé les ultrasons agissent indiscutablement sur les plaques et les papiers sensibles au sel d'argent à image latente et facilitent le noircissement pendant le développement. Cette action est due fort probablement à ce que les ultrasons accélèrent les processus d'oxydo-réduction qui ont lieu dans la couche sensible par suite du brassage violent des réactifs en présence. Aux erreurs d'expérience près nous ne pouvons pas encore affirmer la formation des images latentes par les ondes élastiques de haute fréquence.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la pluralité des acides métaphosphoriques.* Note de Mme **Réchid**.

Ce qu'on appelle acide métaphosphorique est en général une substance complexe dont les propriétés dépendent essentiellement du mode de préparation; nous avons même trouvé une variation contenue du poids moléculaire et du mode d'hydrolyse sur des baguettes de ce produit, non réhydratées et datant de 30 ans. Les auteurs qui ont soupçonné ce caractère complexe ont parfois cherché à le préciser par la cryoscopie, mais ils n'ont pas tenu compte de l'état d'ionisation.

En associant la cryoscopie aux mesures de conductibilité et aux constatations chimiques, nous avons suivi l'évolution des acides ortho et pyrophosphoriques en fonction de la température et de la durée de chauffe; elle fournit d'ailleurs des résultats différents de ceux qu'on atteint en partant des sels d'ammonium, comme nous le montrerons plus tard.

Les acides PO^4H^3 et $P^2O^7H^4$ fournissent d'abord l'acide dimétaphosphorique $(PO^3)^2H^2$ sirupeux, soluble dans l'eau avec dégagement de chaleur et qui redonne très facilement par hydrolyse l'acide pyrophosphorique, contrairement aux autres formes condensées $(PO^3H)^n$. Son sel de sodium fournit à 20°,5 la différence caractéristique

$$\lambda_{1024} - \lambda_{32} = 95 - 75 = 20.$$

Il ne coagule l'albumine que si on le fait agir en dose massive.

L'existence de l'acide dimétaphosphorique n'est que temporaire, surtout aux températures élevées.

Au-dessous de 400°, on voit la masse envahie peu à peu par des cristaux mamelonnés confus; le phénomène devient manifeste au bout de 20 heures à 218°, au bout d'une heure à 320°, en une demi-heure à 355°. Cette nouvelle substance possède un spectre bien défini de rayons X; elle est insoluble dans l'eau ou l'acide azotique dilué et chaud, soluble avec hydrolyse dans la soude bouillante. On peut la chauffer à 800° sans qu'elle fonde ou émette de vapeurs sensibles. C'est sans doute un acide métaphosphorique hautement polymérisé.

Au-dessus de 400°, l'acide dimétaphosphorique fournit au contraire un polymère transparent, transformable réversiblement dans le polymère insoluble. Mais les propriétés de la nouvelle forme varient de façon absolument continue quand on augmente la température et la durée de chauffe. Ces deux facteurs font lentement baisser la solubilité de l'acide qui finit par ne plus se dissoudre dans l'eau que très lentement, en éclatant avec bruit à son contact. Le poids moléculaire apparent des acides et de leurs sels croît en même temps de façon continue, pour atteindre, par exemple, 358 dans le cas du sel de sodium d'un acide formé par une chauffe de 4 heures à 600°. La différence caractéristique $\lambda_{1024}-\lambda_{32}$ tombe bientôt, à 20°, en dessous de 10 dans les mêmes conditions.

Tous ces acides ou mélanges d'acides hautement polymérisés coagulent l'albumine; ils sont incristallisables, tout autant que leurs sels. Ils se distinguent nettement du polymère insoluble par leur volatilité, mais y sont ramenés de façon irréversible par un chauffage suffisant; leur vapeur, brusquement condensée, s'identifie avec l'acide dimétaphosphorique déjà décrit. On conçoit que le chevauchement de toutes ces transformations et la mise en solution mutuelle de toutes ces formes donnent aux « acides métaphosphoriques » courants une constitution essentiellement variable.

Nous noterons enfin, pour prendre date, que l'anhydride phosphorique ordinaire (toujours complexe) nous a donné parfois, quand le taux d'insoluble gélatineux était faible, une solution aqueuse où dominait l'acide dimétaphosphorique. C'est seulement dans ce cas que l'hydratation fournissait l'acide pyrophosphorique avant le stade final orthophosphorique. Nous attribuons à la présence variable du polymère $(PO^3)^2H^2$ les divergences encore durables qui séparent les auteurs dont les travaux ont porté sur les mélanges d'anhydrides phosphoriques.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Application de la méthode iodométrique au dosage du sucre dans le sang.* Note de MM. **H. Bierry**, **B. Gouzon** et M[lle] **C. Magnan**, présentée par M. A. Desgrez.

Déterminer la quantité de sucre contenue dans le sang est une opération courante. Cette opération a été pratiquée par tant d'analystes qu'on pourrait la supposer basée sur des réactions bien connues, arrêtée dans ses moindres détails, et, si bien codifiée, qu'il n'y a plus lieu de discuter sur la meilleure technique. Il n'en est pas ainsi, même si l'on se limite au dosage du seul sucre libre, saus envisager le sucre protéidique.

Des méthodes fort nombreuses ont été proposées : au cuivre, au mercure, au ferricyanure, à l'acide picrique, etc. A notre connaissance, la technique basée sur l'oxydation du glucose par l'iode, en milieu alcalin, n'a pas encore été utilisée.

Lorsqu'on fait agir l'iode sur le glucose, en présence de borate (Romijn) ou mieux de carbonate de sodium (Bougault), la fonction aldéhydique du glucose est oxydée et transformée en carboxyle, avec formation d'acide gluconique

$$R - CHO + I^2 + H^2O = R - COOH + 2HI.$$

On dose ainsi les aldoses sans toucher aux sucres cétoniques.

Il importe d'observer tout d'abord que la méthode de Bougault n'est utilisable que dans un milieu ne renfermant pas d'autre substance oxydable par l'iode que le glucose; par suite, pour l'appliquer au plasma sanguin, il faut débarrasser ce dernier des substances susceptibles d'agir sur l'iode, des protéides en particulier. On y arrive par l'emploi du nitrate mercurique, déjà préconisé par H. Bierry et P. Portier comme désalbuminant du plasma sanguin. Nous aurons, du reste, à revenir ailleurs sur l'emploi des sels de mercure dans la détermination directe du sucre « vrai » dans le sang.

Procédé opératoire. — Les opérations ont été faites sur le plasma sanguin obtenu après centrifugation du sang artériel de cheval (fluoré à 2 pour 100). Le procédé opératoire comprend deux temps : désalbumination et dosage.

Désalbumination. — Au moyen d'une pipette vérifiée à un seul trait et graduée de façon à obtenir le volume en soufflant, mesurer 5^{cm^3} de plasma. Introduire dans un ballon jaugé de 30^{cm^3}, rincer la pipette à trois reprises avec 5^{cm^3} d'eau distillée que l'on ajoute au plasma, verser ensuite goutte à goutte et en agitant 5^{cm^3} de solution de

nitrate mercurique (1). Laisser alors tomber dans le mélange, goutte à goutte et en agitant, de la soude 2N, jusqu'à ce qu'une goutte du mélange, prélevée avec un fil de platine, colore en violet un papier de bromocrésol pourpre (2); le liquide doit encore colorer en rouge le papier de tournesol neutre sensible. Ce virage correspond sensiblement à pH = 6,5. On complète à 30^{cm^3} et l'on filtre à la trompe. L'élimination du Hg est effectuée par la poudre de cuivre pur réduit (Blanchetière; Fontès et Thivolle; Bierry et Moquet), le zinc ne peut être utilisé dans ce cas. La liqueur filtrée est enfin portée sur de la tournure de cuivre brillante pour bien s'assurer que la démercurisation est complète. Si les opérations ont été bien conduites, le filtrat obtenu est incolore ou à peine teinté de bleu franc (sans réaction du biuret).

Dosage. — Les solutions suivantes sont nécessaires : solutions d'iode et d'hyposulfite de sodium centinormales; solution de carbonate de sodium cristallisé à 15^{g} pour 100.

Dans un flacon Erlenmeyer (Pyrex bouché émeri), on introduit 20^{cm^3} du filtrat obtenu; on ajoute d'abord quelques gouttes de la solution de carbonate (en général 5 à 6 gouttes suffisent) jusqu'à virage au bleu persistant du papier de tournesol neutre, puis 1^{cm^3} de cette même solution et, enfin, 20^{cm^3} de la solution d'iode.

Après 30 minutes de contact à la température de 18-20°, on acidule par 2^{cm^3} de HCl 2N; on titre l'iode en excès par la solution d'hyposulfite dont 1^{cm^3} équivaut à $0^{mg},9$ de glucose; les dernières gouttes d'hyposulfite étant versées en présence d'amidon soluble.

Si N représente le nombre de centicubes lus sur la burette, la quantité de glucose, dans les 20^{cm^3} analysés, est en milligrammes : $(20 - N) \times 0,9$. Il est commode, pour éviter tout calcul, d'employer une solution d'hyposulfite et d'iode telle que $1^{cm^3} = 1^{mg}$ de glucose. Avec les proportions indiquées d'iode et d'alcali, la prise d'essai doit renfermer de 1 à 4^{mg} de glucose au plus.

Les dosages ont porté sur divers plasmas de cheval dans lesquels on évaluait d'abord le sucre libre et auxquels on ajoutait des quantités connues de glucose anhydre pur. Des dosages comparatifs ont été faits avec cette technique, avec la méthode de G. Bertrand, et un microbertrand (3) dont nous avons pu encore vérifier ainsi l'exactitude. Les chiffres trouvés avec les trois méthodes étaient voisins.

---

(1) Dissoudre 400^{g} de nitrate mercurique en plaques dans 700^{cm^3} d'eau distillée, en chauffant vers 45° et en ajoutant la quantité strictement nécessaire de NO^3H. Agiter jusqu'à dissolution complète, additionner le liquide refroidi de lessive de soude jusqu'à apparition d'un précipité jaune permanent, compléter à 1000 et filtrer.

(2) Découper de petites bandes de papier filtre, les imbiber d'une solution de dibromo-crésol-sulfone-phtaléine à 4 pour 100 dans l'alcool à 60°. Si le papier est de bonne qualité, il doit se colorer en jaune.

(3) H. Bierry et A. Voskressensky, *C. R. Soc. Biol.*, 98, 1928, p. 745.

Dans le but d'éliminer la réaction parasite, signalée par Bougault, nous avons laissé le mélange (filtrat + carbonate + iode) 2 heures 20 minutes à une température de + 3° (Pauchard). La correction que l'on pourrait faire n'a qu'une influence très faible sur le résultat final.

Conclusion. — La technique de Bougault est applicable au dosage du sucre libre dans le plasma de cheval. La coïncidence des chiffres obtenus, parallèlement, avec ce procédé et la méthode cupro-alcaline, qui sert à définir les sucres « réducteurs », autorise à penser que le pouvoir cupro-réducteur constaté est dû uniquement à un sucre aldéhydique et que l'on dose bien ainsi le glucose ou sucre « vrai ». Ces résultats sont en accord avec ceux de West, Scharles et Peterson concernant l'emploi des sels de Hg dans la détermination du sucre du sang.

CHIMIE ORGANIQUE. — *La réaction du pentachlorure de phosphore sur les sulfites neutres d'aryle.* Note de MM. **P. Carré** et **D. Libermann**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons déjà montré (1) que, lorsqu'on traite les sulfites neutres d'alcoyle par le pentachlorure de phosphore, il se produit principalement les deux réactions suivantes :

$$SO(OR)^2 + PCl^5 = POCl^3 + RCl + ROSOCl,$$
$$ROSOCl + PCl^5 = POCl^3 + RCl + SOCl^2,$$

le chlorosulfite d'abord formé réagissant facilement avec le pentachlorure de phosphore pour donner finalement le chlorure d'alcoyle correspondant au sulfite primitif.

Nous nous sommes proposé de rechercher si la réaction du pentachlorure de phosphore sur les sulfites neutres d'aryle permettrait d'obtenir, d'une manière analogue, les chlorosulfites d'aryle ArOSOCl, et les chlorures d'aryle ArCl. L'application de cette réaction au sulfite neutre de β-naphtyle, qui s'obtient facilement au moyen du β-naphtol, aurait apporté une préparation commode du β-chloronaphtalène.

L'étude de la réaction du pentachlorure de phosphore sur les sulfites neutres de phényle et de β-naphtyle nous a montré que les sulfites d'aryle se comportent différemment des sulfites d'alcoyle. Cette réaction a lieu

(1) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1080.

principalement selon l'équation

$$(A) \qquad 2SO(OAr)^2 + PCl^5 = 2SOCl^2 + ArCl + PO(OAr)^3$$

Lorsqu'on traite une molécule de sulfite neutre de phényle par une molécule de pentachlorure de phosphore, on constate que la première moitié seulement de la molécule de pentachlorure de phosphore paraît réagir; par distillation du produit de la réaction on obtient du chlorure de thionyle, puis un peu de chlorure de phényle mélangé d'oxychlorure et de pentachlorure de phosphore, il reste du phosphate de phényle impur.

Si l'on ajoute, peu à peu, 21^g de pentachlorure de phosphore ($1/10^e$ de molécule) à 47^g de sulfite neutre de phényle ($2/10^e$ de molécule), en maintenant la température au voisinage de la température ordinaire, puis que l'on distille, on obtient d'abord 19 à 20^g de chlorure de thionyle et une trace seulement d'oxychlorure de phosphore; en poursuivant la distillation dans le vide, on recueille 8 à 9^g de chlorure de phényle; le résidu fournit 28^g de phosphate de phényle.

Nous avons essayé d'éclaircir le mécanisme de la réaction (A) et de voir, dans le cas du phosphate de phényle, si elle n'était pas la résultante des trois réactions :

$$(1) \qquad (C^6H^5O)^2SO + PCl^5 = POCl^3 + C^6H^5Cl + C^6H^5OSOCl,$$

$$(2) \qquad 3C^6H^5OSOCl + POCl^3 = PO(OC^6H^5)^3 + 3SOCl^2,$$

$$(3) \qquad (C^6H^5O)^2SO + SOCl^2 = 2C^6H^5OSOCl$$

ou bien si l'oxychlorure de phosphore produit dans la réaction (1) réagissait aussi sur le sulfite de phényle selon

$$(4) \qquad 3(C^6H^5O)^2SO + 2POCl^3 = 2PO(OC^6H^5)^3 + 3SOCl^2.$$

Les expériences suivantes montrent que la réaction (A) doit être la résultante des réactions (1), (2) et (3), et que la réaction (4) ne doit pas concourir à la formation du phosphate de phényle dans les conditions ci-dessus.

Si l'on mélange 16^g de chlorosulfite de phényle avec 5^g d'oxychlorure de phosphore, soit 3^{mol} du premier pour 1^{mol} du second, il ne paraît pas se produire de réaction à la température ordinaire, mais si l'on chauffe légèrement au bain-marie, il se forme bientôt du chlorure de thionyle et du phosphate de phényle. La facilité de cette réaction empêche de séparer le chlorosulfite de phényle et l'oxychlorure de phosphore résultant de la réaction (1), en sorte que la réaction du pentachlorure de phosphore sur le sulfite neutre de phényle ne peut constituer une préparation du chlorosulfite de phényle.

D'autre part nous avons montré (¹) que le chlorure de thionyle réagit, dès la température ordinaire, sur le sulfite neutre de phényle pour donner du chlorosulfite de phényle. Par contre, l'oxychlorure de phosphore ne réagit pas sur le sulfite neutre de phényle au-dessous de 110 à 120°; si l'on chauffe, vers 120-130°, un mélange de sulfite neutre de phényle (21ᵍ) et d'oxychlorure de phosphore (9ᵍ), il distille un mélange de chlorure de thionyle et d'oxychlorure de phosphore, il se forme bien aussi du phosphate de phényle, mais il se dégage en outre du gaz sulfureux, lequel provient vraisemblablement de la décomposition du chlorosulfite de phényle qui peut aussi prendre naissance dans ces conditions.

Ces résultats indiquent que la réaction (A), qui se produit au voisinage de la température ordinaire, doit bien être la résultante des réactions (1), (2) et (3) seulement.

Le sulfite neutre de β-naphtyle se comporte, vis-à-vis du pentachlorure de phosphore, d'une manière analogue au sulfite neutre de phényle. La réaction est plus vive et il est bon de la modérer par dilution des matières réagissantes dans un solvant, le chloroforme par exemple. Cette réaction fournit principalement du phosphate de β-naphtyle et une petite quantité de β-chloronaphtalène. Lorsqu'elle est effectuée sans solvant, elle s'emballe très facilement et, dans ce cas, on trouve aussi un peu de binaphtol, fusible à 215°, parmi les produits formés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la condensation des phénols avec la diméthylamine et le formol.* Note de M. **Jean Décombe**, présentée par M. Delépine.

Des brevets pris par Bayer en 1896 (²) signalent que le phénol se condense avec la diméthylamine et le formol pour donner un mélange d'hydroxybenzyldiméthylamine et de diméthylamino-méthoxyphénol suivant le schéma :

$$C^6H^5{-}OH + CH^2O + NH(CH^3)^2 \rightarrow C^6H^4\begin{cases}OH\\CH^2{-}N(CH^3)^2\end{cases} + C^6H^5{-}OCH^2{-}N(CH^3)^2.$$

Aucune précision n'est donnée quant aux positions respectives des groupements fonctionnels dans le premier de ces composés.

Ayant été conduit à reprendre l'étude de cette réaction, nous avons constaté qu'en effet, le phénol se condense facilement à froid avec la dimé-

(¹) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 799.

(²) D. R. P. nᵒˢ 89979 et 92309, *Frdl.*, 4, 1895, p. 98 et 103.

thylamine et le formol par simple mélange de quantités équimoléculaires des réactifs en solution hydro-alcoolique. Mais nous n'avons pu mettre en évidence la formation de dérivé à forme éther-oxyde, les produits obtenus étant solubles dans la soude et donnant des dérivés benzoylés. Nous avons d'autre part établi que le produit principal de la réaction est l'ortho-hydroxybenzyldiméthylamine. Enfin nous avons trouvé qu'il se fait toujours un peu d'un corps correspondant à la fixation de deux groupements — CH^2 — $N(CH^3)^2$ et que ce dernier peut être obtenu avec d'assez bons rendements si l'on opère avec un excès de formol et de diméthylamine.

Une opération conduite avec 70g de phénol nous a donné 48g d'une huile à peine colorée en jaune, bouillant à 104-108° sous 17mm et 20g d'une huile incolore bouillant à 134-135° sous 3mm. L'analyse et les propriétés de la première fraction montrent qu'elle est constituée par de l'ortho-hydroxy-benzyldiméthylamine à peu près pure. Elle donne un chlorhydrate simple, un chlorhydrate de dérivé benzoylé, à partir duquel on peut obtenir l'éther benzoïque qui est un liquide incolore, visqueux bouillant à 171°,5 sous 4mm. Ce dernier régénère par saponification le produit initial dans un grand état de pureté; il bout alors à 104° sous 13mm. Enfin, la fusion alcaline oxydante en présence d'oxyde de cuivre [1] conduit à l'acide salicylique, ce qui détermine les positions respectives des groupements fonctionnels.

Quant à la seconde fraction, l'analyse conduit à lui attribuer la formule brute $C^{12}H^{22}ON^2$. Elle donne un dichlorhydrate de dérivé benzoylé. L'oxydation par fusion alcaline dans les conditions précédentes se fait avec de très mauvais rendements et formation de résines. Toutefois l'éthérification par l'alcool méthylique du produit brut obtenu permet d'isoler une très petite quantité d'une substance, cristallisée en fines aiguilles, fondant à 137° et donnant une coloration rouge cerise avec le perchlorure de fer, qui semble être l'éther monométhylique de l'acide 2-hydroxyisophtalique. Il faudrait donc attribuer au composé en question la constitution

$$C^6H^3\begin{cases} CH^2.N(CH^3)^2 & (2) \\ OH & (1) \\ CH^2.N(CH^3)^2 & (6) \end{cases}$$

Ce résultat est d'ailleurs confirmé par ceux que nous avons obtenu en étendant cette réaction à quelques homologues du phénol et qui établissent que la condensation ne se fait pas dans la position para par rapport à l'oxhydrile phénolique.

(1) D. R. P. n° 170230, *Frdl*, 8, 1906, p. 158.

L'orthocrésol qui n'a plus qu'une position ortho de libre, ne donne qu'un produit de condensation simple, quelles que soient les quantités relatives de réactifs en présence; c'est la 2-hydroxy-3-méthylbenzyldiméthylamine bouillant à 110-112° sous 13mm.

Le paracrésol, dont la position para est bloquée, mais dont les deux positions ortho de part et d'autre de l'oxhydrile sont libres, fournit un produit de condensation simple, la 2-hydroxy-5-méthylbenzyldiméthylamine, bouillant à 117-120° sous 24mm et un produit de condensation double qui bout à 134° sous 3mm.

Le 2-méthyl-4-éthylphénol, qui ne possède plus qu'une position ortho de libre, fournit simplement la 1-hydroxy-2-méthyl-4-éthylbenzyldiméthylamine, liquide bouillant à 136-137° sous 15mm.

Tous ces aminophénols, d'un type nouveau, traités par le chlorure de benzoyle, donnent des chlorhydrates de dérivés benzoylés cristallisés dont les points de fusion sont assez mal définis et qui sont généralement hygroscopiques; mais leur pourcentage de chlore correspond assez exactement au chiffre théorique.

Enfin, nous indiquerons pour terminer que le 2-méthyl-6-éthylphénol, dont les deux positions ortho de part et d'autre de la fonction phénol sont occupées, ne conduit plus au produit normal de condensation. Celle-ci est d'ailleurs devenue extrêmement lente, puisqu'il faut plus d'une semaine pour que l'odeur de formol ait disparue du mélange. On isole, d'une part, une substance cristallisée en fines aiguilles jaune chamois fondant à 105° et dont les résultats analytiques correspondent exactement au dérivé du diphénylméthane

$$\begin{matrix} CH^3 \searrow & & \nearrow CH^3 \\ HO \rightarrow C^6H^2 - CH^2 - C^6H^2 & \leftarrow OH \\ C^2H^5 \nearrow & & \searrow C^2H^5 \end{matrix}$$

d'autre part, une huile basique bouillant avec décomposition de 135 à 145° sous 0mm,2. Celle-ci n'est plus soluble dans la soude, elle donne un chlorhydrate contenant 15,37 pour 100 de chlore. Il y a tout lieu de croire qu'il s'agit cette fois du produit de condensation à l'oxygène

$$\left.\begin{matrix} C^2H^5 \\ CH^3 \end{matrix}\right\rangle C^6H^3 - OCH^2.N(CH^3)^2.$$

Nous poursuivons l'étude de ces condensations dans la série des polyphénols.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge des deux principales séries de granites du Nord-Ouest du Plateau Central français.* Note de M. **Yang Kieh.**

Dans le Nord-Ouest du Plateau Central français se trouvent deux séries principales de granites : l'une caractérisée par la présence de biotite et l'autre par celle de muscovite. La roche type de la première série est le granite biolitique du massif de Guéret; celle de la seconde, le granite muscovitique (granulite) de la chaîne de la Marche et du massif de la Haute-Vienne. Ces deux roches diffèrent beaucoup, autant par leurs caractères géologiques que par leurs propriétés pétrographiques (¹).

1° *Observations géologiques.* — *a.* Le granite à biotite forme d'énormes batholites occupant la partie centrale du grand Plateau envisagé : massifs de Guéret, de Millevaches et des Combrailles ; celui à muscovite constitue des noyaux de plis hercyniens, ou de larges zones en bordure des batholites (massifs de la marche et de la Haute-Vienne).

b. Ces deux granites présentent, dans les zones de dislocation, des caractères cataclastiques. A l'intérieur des pseudo-conches de ces roches laminées, il y a des injections de venues nouvelles de granulite, plus ou moins écrasée, mais jamais de granite.

c. Les schistes cristallins sont en relation plus étroite avec le granite qu'avec la granulite. On observe dans de nombreux endroits le premier passant directement aux gneiss : partie périphérrique du massif granitique de Saint-Léger-Magnazeix, zone de Cartempe-Montaigut, région d'Aubusson, ouest de Ladapayre, tranchée du chemin de fer de Nerde (ligne de Montluçon-Néris), etc. Par contre, dans les régions de contact de la granulite et des roches cristallophylliennes, se trouve fréquemment une zone de métamorphisme. On observe parfaitement bien cette disposition dans le massif du complexe grano-gneisso-granulitique d'Anac-la-Poste (¹). Là les grandes bandes micaschisteuses sont abondamment chargées de feldspaths, les traînées de micas moulent les amandes et les bandelettes de ces premiers minéraux. En revanche, la granulite a aussi subi un profond endomorphisme (sud-ouest de Purfier et de Peivineau, sud-est de Clairbize, etc.). Elle devient parfois un peu schisteuse et contient davantage de biotite qu'ailleurs. Cette dernière, accompagnée de muscovite et de silli-

(¹) Yang Kieh, *Mém. Soc. géol. Fr.*, nouvelle série, 8, fasc. 3 et 4, 1932, p. 1-124.

manite, forme de petites lentilles enclavées dans la roche envisagée : sud-est de Margot, moulin des Bordes, etc.

d. Le métamorphisme se rencontre aussi dans les contacts de granite et de granulite, où ces deux roches se fusionnent et prennent un aspect intermédiaire. Mais ce caractère disparaît graduellement depuis le bord jusqu'au centre du massif granitique, pareillement dans le massif granulitique; la proportion de muscovite diminue dans le premier cas et augmente dans le second. La chaîne de la Marche montre ce phénomène de granulitisation. Car elle se compose principalement de granite à muscovite qui englobe des massifs hétérogènes et est parfois injecté dans le granite à biotite : Monceau, sud-est de Treignat, l'est de Champsanglard et sud-ouest d'Anzème, région de la côte 281 nord-ouest d'Arnac et de Tersanne, etc. Dans cette dernière commune, le granite est entouré par une auréole de roche (surtout à la partie ouest) qui ne ressemble ni à celui-ci ni à la granulite franche. D'ailleurs, les bandes granitiques du sud-ouest de Saint-Sulpice-les-Feuilles et d'ouest du village de Larberolle (tranchée de route d'Age du Beau à Saint-Aignant) sont aussi métamorphisées par la granulite.

e. Dans les endroits où se trouvent à la fois des gneiss, du granite et de la granulite, le phénomène de métamorphisme présente des caractères encore plus curieux. A l'ouest de la Souterraine, les croches cristallines montrent généralement une structure grenue, mais on observe souvent une vague stratification, et ce ne sont plus franchement ni du granite ni des gneiss. Cependant, ces roches se chargent de muscovites, et deviennent parfois rose jaunâtre et très feldspathiques. Leur aspect se rapproche de celui d'une granulite. Ce phénomène se rencontre pareillement dans la région du lac de Noth et le sud du village de Chatenet.

f. Dans les schistes cristallins, j'ai observé des auréoles d'exomorphisme entourant les massifs granulitiques, et où se trouvent la tourmaline, des dykes et des veines de pegmatites et d'aplites (sud du village des Fougères, sud-est du hameau d'Essouby, ouest de Mouhet, etc). Ces caractères ne se rencontrent pas dans les zones environnantes de petits massifs de granite. Ce dernier est parfois injecté très capricieusement dans les couches gneissiques [Telline (Clugnat) et Huriel, etc.].

2° *Caractères pétrographiques*. — Le granite à biotite présente généralement une teinte bleu gris, et quelquefois une structure porphyroïde; il renferme dans certains endroits de la cordiérite. Le quartz que contient cette roche est dans la plupart des cas xénomorphe. Le granite à muscovite paraît fréquemment rose ou jaunâtre et ne montre presque jamais la

structure porphyroïde granitique. La cordiérite ne se rencontre pas, mais on observe souvent d'autres minéraux spéciaux : tourmaline, topaze, béryl, etc. Le quartz paraît en grains plus ou moins arrondis. La composition chimique du granite muscovitique est plus acide que celle du granite biotitique.

En résumé, la granulite est plus récente que le granite, elle occupe fréquemment la partie anticlinale des plissements de la chaîne armoricaine et varisque; son âge paraît hercynien. La consolidation et la mise au jour de cette roche semble commencer au Dévonien et continuer jusqu'à l'Anthracolithique. Ainsi le granite serait antéhercynien (sauf certaines intrusions), mais il présente des différences régionales et appartient peut-être à plusieurs systèmes : une partie antécambrienne, une autre calédonienne, etc. Dans les zones supérieures des schistes cristallins qui surmontent le grand môle granitique, les laccolites et les filons granitiques présentent des contacts sans passage aux roches cristallophylliennes, mais en profondeur le granite passe aux gneiss et ces derniers appartiennent à la formation du granite. Leur âge paraît aussi antéhercynien. La venue granulitique est injectée dans les grosses masses gneisso-granitiques, s'y moule et les métamorphise. Sur ce socle cristallin, reposent les bassins houillers qui coïncident avec les zones tectoniques et constituent des synclinaux faillés.

GÉOLOGIE. — *Sur la constitution d'ensemble de la chaîne calcaire du Rif espagnol de Ceuta à Punta Pescadores.* Note de MM. **A. Marin** et **P. Fallot**, présentée par M. Ch. Jacob.

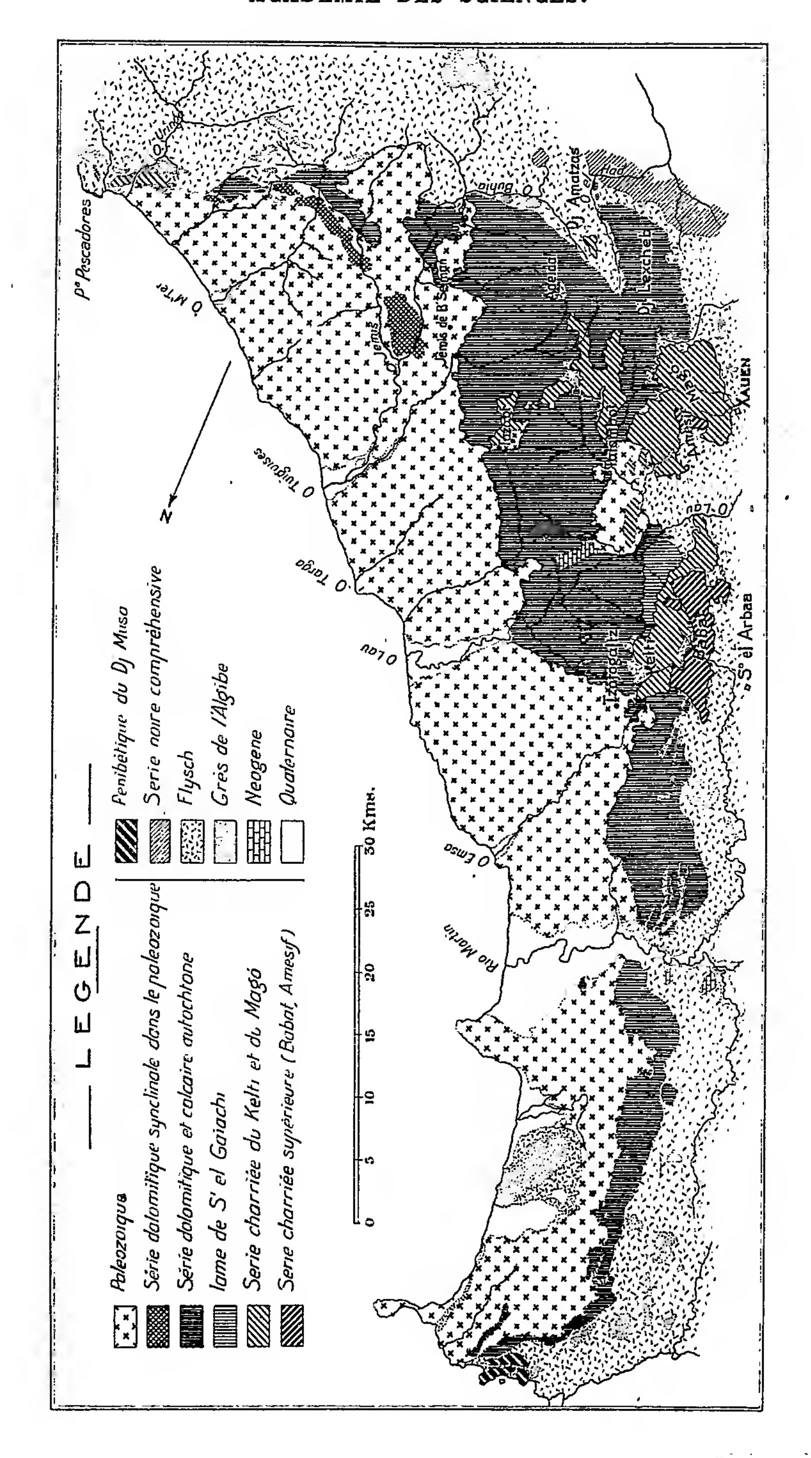
Sauf des points de détail, la dorsale calcaire du Rif est maintenant connue de Ceuta à Punta Pescadores. Elle n'est pas, comme nous l'avions admis en 1930, avec M. Blumenthal, entièrement autochtone, mais comporte une zone en place, localement chevauchée et débordée par des éléments charriés. La figure ci-après esquisse la position et les limites actuelles de ces diverses unités, analysées ailleurs [1].

Le chevauchement de la bordure interne de l'arc calcaire par le Paléozoïque ou le Permo-Trias s'observe depuis le Dj. Zeitun, où il est faible, jusqu'à l'O. M'ter.

Ce Paléozoïque a entraîné ou poussé devant lui des masses de dolomies

---

(1) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 245, 424, 466; **194**, 1932, p. 189, 382, 552, 794; **196**, 1933, p. 194, 495.


LEGENDE
Paleozoique
Série dolomitique synclinale dans le paleozoique
Série dolomitique et calcaire autochtone
lame de Sᵗ el Gaiachi
Serie charriée du Kelti et du Magó
Serie charriée supérieure (Babat, Amesif)
Penibétique du Dj Musa
Serie noire compréhensive
Flysch
Gres de l'Algibe
Neogene
Quaternaire
0 5 10 15 20 25 30 Kms.
Pº Pescadores
O. Mter
O. Tuguisas
O. Targa
O. Lau
O. Emsa
Rio Martin
XAUEN
Sº el Arbaa
N

et de calcaires secondaires, qui sont localisés dans un segment d'abaissement d'axes entre le Nord du Dj. Kelti et la transversale des Beni M'hamed.

Dans les grands traits, notre schéma peut se passer de commentaires; mais, en certains points, il comporte encore une part d'hypothèse qu'il convient de souligner.

Si l'on peut admettre temporairement la correspondance de la série du Dj. Kelti avec celle du Dj. Mago (Xauen), puis celle du lambeau de El Babat avec le paquet du Dj. Amesif, par contre l'assimilation du Paléozoïque du massif de Talambot à une avancée du Primaire charrié depuis la zone interne est plus délicate. Outre ses contacts anormaux signalés antérieurement et l'existence d'une série de petits témoins collés à la surface de la série basale qui s'abaisse vers l'O. Lau, de part et d'autre du massif de Talambot, un argument important nous y a incités. La série basale comporte un complexe dolomitique et calcaire de plus de 1500^{m} de puissance tant au Nord-Ouest qu'au Sud-Est du massif de Talambot, que le Primaire aurait dû traverser à l'emporte-pièce s'il correspondait à une intumescence du substratum, supposition peu vraisemblable.

Enfin, notre schéma figure une limitation de l'imbrication du Dj. Kelti à hauteur du Dj. Tzafogaltz. On a déjà dit (¹) que la limite Nord de cette imbrication n'est pas encore définie.

Si l'on ne pouvait la retrouver dans les escarpements du pied Est de Bab Tilicht, il faudrait assimiler au prolongement de cette imbrication tout le massif, depuis ce col jusqu'au Sud de Tetuan, c'est-à-dire le supposer charrié. Cela expliquerait le rebroussement de Tetuan; mais les observations anciennes sur ce segment conservent toute leur valeur en faveur de son caractère autochtone.

L'allure d'ensemble de la zone en place n'exclut pas la notion de ruptures locales à sa périphérie, mais l'ennoyage terminal de ses plis externes à Beni Derkoul et à l'O. Bubia était très fortement, comme nous l'avons déjà souligné avec M. Blumenthal, l'hypothèse de son autochtonie.

Encore qu'il demeure mal analysé, le rapprochement si étroit de la chaîne calcaire par rapport à la zone à série compréhensive noire ne saurait prévaloir contre les conclusions tirées de cet ennoyage.

Vers l'Est de l'O. M'ter, bien que n'apparaissent plus que des contacts redressés (Nanoh), il est vraisemblable que le chevauchement s'est poursuivi, masqué par l'abaissement de la surface de contact anormal et par la mer jusqu'aux Boccoya.

(¹) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 196.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Un appareil pour déterminer les propriétés magnétiques des roches.* Note de M. G. **Grenet**, présentée par M. Ch. Maurain.

L'aimantation des roches résulte de l'influence du champ magnétique terrestre et du magnétisme rémanent. La détermination de l'aimantation due à chacune de ces causes est utile pour l'interprétation des anomalies magnétiques et pour l'étude de l'histoire du magnétisme terrestre. Bien que le magnétomètre permette d'obtenir facilement une grande sensibilité, j'ai utilisé une méthode d'induction de façon à ne pas avoir à tenir compte de la forme et de l'inhomogénéité des échantillons.

Je ne ferai pas la théorie de l'appareil qui a été donnée par R. Chevallier (¹) à propos de la détermination de l'aimantation de laves très magnétiques. Désirant étendre cette méthode à l'étude des roches peu magnétiques, j'ai été amené à augmenter de beaucoup la sensibilité, ce qui m'a conduit à une réalisation très différente de celle de Chevallier.

Description. — L'installation comporte : un solénoïde constitué par 1421 spires de fil de cuivre de 8-10^{mm} bobinées sur un cylindre de 21^{cm} de diamètre extérieur et réparties uniformément sur une longueur de 500^{mm}, une bobine auxiliaire de même surface totale que le solénoïde, une boîte de résistance et un galvanomètre à aimant mobile de grande sensibilité dont la période est réglée au voisinage de 10 secondes. Les axes des bobinages sont orientés dans la direction du champ magnétique terrestre. Les deux bobines sont montées en série avec le galvanomètre et la boîte de résistance. Le couplage est tel que les forces électromotrices induites, dans chacun des bobinages, par les perturbations magnétiques soient en opposition. Une boîte cubique de 12^{cm},5 de côté peut être placée, au centre du solénoïde, sur un support disposé de façon que l'une des arêtes de la boîte soit parallèle à l'axe du bobinage.

Mode opératoire. — L'échantillon à étudier est placé à l'intérieur de la boite cubique dans une orientation bien déterminée par rapport au trièdre $Oxyz$ défini par trois des arêtes du cube. La boîte étant placée au centre du solénoïde et Ox dirigé dans la direction de l'axe du bobinage, on la retire brusquement. On sait que l'élongation du galvanomètre, observée

(¹) R. Chevallier, *Les Laves de l'Etna* (*Thèse*, Paris, 1925), et *Ann. de Phys.*, 10ᵉ série, **4**, juillet 1925, p. 79.

dans ces conditions, est proportionnelle à la composante suivant Ox du moment magnétique de l'échantillon. On fait ensuite la même détermination en orientant Ox dans la direction opposée, et l'on suppose que l'aimantation induite, qui s'ajoutait à l'aimantation rémanente suivant Ox, lors de la première mesure, s'en retranche pendant la deuxième. Les mêmes opérations sont ensuite effectuées en remplaçant Ox par Oy et par Oz. On voit que ces mesures permettent de calculer la grandeur et la direction de l'aimantation rémanente et la valeur de la susceptibilité magnétique dans les trois directions considérées (l'intensité du champ magnétique terrestre étant connue).

Étalonnage et sensibilité. — L'étalonnage se fait en remplaçant l'échantillon par une bobine de moment magnétique facile à calculer. La sensibilité se règle au moyen de la boîte de résistance placée en série avec le galvanomètre. On peut arriver à ce qu'une roche possédant une aimantation de 10^{-5} U. E. M. C. G. S. produise une élongation du spot de 1^{mm}. Or une telle roche produit sur le terrain une perturbation magnétique de l'ordre de 10 γ.

Perfectionnements possibles. — L'appareil réalisé, bien que moins sensible qu'un bon magnétomètre astatique, permet la détermination de l'aimantation de toute roche pouvant produire une perturbation magnétique notable. On peut cependant envisager certains perfectionnements : une bobine produisant un champ magnétique agissant sur l'échantillon permettrait par exemple la détermination de l'aimantation rémanente dans un champ magnétique nul. Mais il faut noter que toute modification compliquant la mise en œuvre de l'appareil n'est désirable que si elle apporte un perfectionnement réel.

MÉTÉOROLOGIE. — *Comparaison, au point de vue des caractères climatiques, des stations météorologiques du domaine tropical français.* Note (1) de M. **Henry Hubert**.

J'ai indiqué (2) comment le seul examen des points d'inflexion des courbes des températures permet de fixer les grandes divisions climatiques de chacune des unités géographiques du domaine tropical français. Par

---

(1) Séance du 13 mars 1933.

(2) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 718.

Amplitude Températ. annuelle	Nombre de mois avec moins de 50 millimètres de pluie: Zéro — Mois de plus de 100 mm. de pluie 11-12	Zéro — 9-10	Zéro — 7-8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Amp. Temp. ann.
9°	KRIBI								Pte des GALETS							9
10°		CAYENNE Ft de FRANCE DOUALA						PADARAN Mali								10
11°	Hon-Ba MORNE des CADETS		NOSY-BÉ		YAOUNDÉ	IMPFONDO		CAP St JACQUES								11
12°	Ste MARIE CAMP JACOB				LOMÉ	LOANGO LIBREVILLE		CONAKRY								12
13°	TAMATAVE VATOMANDRY	PAPEETE			Gd BASSAM Dschang	COTONOU QUI-NHON	PNOM-PENH PORTO-NOVO MAHÉ		DIÉGO-SUAREZ MAJUNGA							13
14°		Ft Dauphin		TRENTCHA		NHA-TRANG	SAÏGON PONDICHÉRY									14
15°					NOUMÉA POBÉ	BANGUI	BOUAKÉ									15
16°	Mananjary Farafangana	VOHÉMAR		Qg NGAI		Dalat NDJOLÉ	BRAZZAVILLE KORHOGO				DAKAR	St LOUIS				16
17°			Hué QUANG-TRI		Chapa			MAEVATANANA	Mandritsara			DJIBOUTI				17
18°				DONG-HOÏ			Haiphong FERKESSÉD.G									18
19°				VINH		Lao-Kay	Kontum	Hanoi Tananarive	NATITINGOU							19
20°					Moncay Ft Bayard			Tran-Hoa Mamou	MAROVOAY		Tsihombé Morondava	Tuléar			Ft Etienne	20
21°						Lang-Son		YANAON								21
22°								Ft Crampel	Bobo-Dioulasso	Betroka OUAGADOUGOU						22
23°							Luang-Prabang									23
24°								Antsirabe		Ziguinchor MAROUA						24
25°								Garoua	Bamako							25
26°								Kouroussa								26
27°										Satadougou				Atar		27
28°											Mopti KAYES Bambey					28
29°									Chandernagor		Niamey Zinder			Moudjéria		29
30°											Ft Lamy	Dori	Kabara			30
31°													Tombouctou			31
32°														Agadès		32
33-35°														Kidal		33-35
35-40°														Araouan	Bilma	35-40

Légende

- (rectangle) Afrique continentale
- (rounded) Asie
- (hexagon) Madagascar
- (double oval) Amérique, Océanie
- Tananarive — Minima inférieurs à 10°
- Kouroussa — de 10° à 15°
- VINH — de 16° à 20°
- CAYENNE — supérieurs à 20°

suite de sa sensibilité même, ce procédé est inopérant quand il s'agit de comparer entre elles les stations réparties dans des unités géographiques éloignées les unes des autres.

Cependant cette comparaison est désirable dans un certain nombre de cas. On peut la réaliser à condition de n'utiliser que des éléments des graphiques météorologiques des stations pour lesquels les considérations d'époque n'interviennent plus. Les meilleurs résultats pratiques sont obtenus en se servant de la durée des périodes de sécheresse, de l'amplitude des variations de température et des extrêmes de température.

En répartissant les stations coloniales d'après la valeur de ces trois éléments, on obtient un tableau du type ci-contre, qui permet des rapprochements intéressants. Il reste entendu toutefois que les analogies mises en évidence ici n'impliquent pas des identités de climats. Lorsqu'on veut comparer ceux-ci avec quelque précision, il faut nécessairement recourir aux *fiches signalétiques* que constituent les graphiques météorologiques.

Il est intéressant de noter que si le tableau ci-contre a été établi pour comparer des stations entre elles, il laisse cependant se manifester l'individualité de chaque unité géographique. C'est ainsi que les stations de l'Afrique continentale se répartissent d'une extrémité à l'autre du tableau, suivant une ligne oblique, tandis qu'au contraire les petites îles océaniques se trouvent cantonnées au bord supérieur du tableau.

Il y a aussi un groupement très marqué des localités indochinoises traduisant le développement de la colonie en latitude et son faible degré de continentalité.

Le polygone malgache, dans lequel sont inscrites les localités de la Grande Ile, montre, par son épanouissement, la variété des climats de celle-ci : stations côtières de l'Est et du Nord-Ouest rappelant les petites îles océaniques; stations de montagne de l'Imérina; stations du Sud-Ouest, à affinités déjà soudanaises.

Il se confirme ainsi que la situation géographique d'une localité a souvent, au point de vue du climat, une influence beaucoup plus grande que la position en latitude.

ANATOMIE. — *La régression de la lèvre supérieure au cours de l'ontogénie individuelle chez l'Éléphant.* Note de **M. Friant**, présentée par M. L. Joubin.

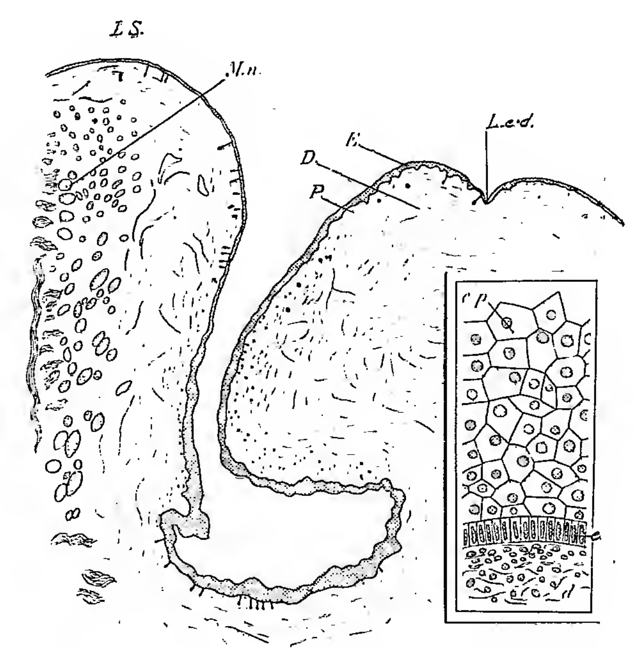
En raison de l'absence de dents à la partie antérieure de leur intermaxillaire et de la présence de leur trompe, les Éléphants n'ont pas de lèvre supérieure; la face antérieure du *proboscis* se continue directement avec la voûte palatine.

Chez le fœtus, cependant, on constate un peu en avant et légèrement de dedans de la commissure de la lèvre inférieure avec la trompe, une dépression (ou fossette) bilatérale, profonde, dont l'ouverture, qui a la forme d'un croissant, est légèrement inclinée sur la ligne horizontale de haut en bas et de dehors en dedans. Cette dépression a été successivement décrite par K. Told jun. (1913) avec beaucoup de détails chez l'Éléphant asiatique, par L. Bolk (1917) et N. B. Eales (1925), chez l'Éléphant africain, qui en ont donné des interprétations différentes : K. Told jun. pense que cette dépression serait en relation avec l'éruption future de la défense, ce qui est impossible parce qu'elle est beaucoup plus en avant que le point où la défense (incisive 3 du *Mœritherium*, comme l'a montré R. Anthony) se développera. Pour L. Bolk, elle représenterait la narine primitive, ce qui, au point de vue embryologique, est totalement inadmissible. Pour N. B. Eales ce serait une formation particulière de la lèvre supérieure qu'on retrouve bien développée chez les Suidés, et qui, chez eux, serait en rapport avec le mode d'insertion du muscle élévateur de la lèvre supérieure et de l'aile du nez; cette disposition disparaîtrait chez les Eléphants adultes, la lèvre supérieure devenant immobile. Cette manière de voir doit également être rejetée, la disposition qui existe chez les Suidés étant en rapport avec des conditions qui n'existent nullement chez les Éléphants.

J'ai étudié cette fosette très particulière chez un fœtus d'Éléphant d'Afrique [1] où elle est encore très développée. Une coupe perpendiculaire à sa direction et passant vers son milieu, montre nettement qu'il s'agit d'un début de vestibule buccal antérieur et supérieur, la paroi supérieure de la fosette représentant une lèvre qui est, au contraire, complètement absente au niveau de la partie tout à fait antérieure de l'intermaxillaire. Notre

[1] Longueur du fœtus de l'extrémité de la queue à l'extrémité de la trompe en suivant la courbe du dos = 750mm.

figure montre bien que l'on est, ici, en présence d'un mur plongeant formé par bourgeonnement de l'*épithélium* qui, s'étant enfoncé dans le derme où l'on aperçoit des bulbes pileux (1), est déjà fissuré; on voit la couche basale



Vestibule buccal antérieur et supérieur chez un fœtus d'Éléphant d'Afrique (Loxodonta africana *Blum.*), n° 1921-275.
Coll. An. comp. du Mus. nation. d'Hist. nat.

Coupe perpendiculaire à la direction du sillon labial. — *L. S.*, lèvre supérieure; *M.n.*, muscle *naso-labialis; L.e.d.*, amorce de la lame épithéliale dentaire sur laquelle se développent les follicules de l'incisive transitoire et de la défense; D, derme; E, épithélium; P, bulbe pileux; G. N., X 8, environ.

En bas et à droite: Portion de l'*épithélium* vue à un fort grossissement; *c. p*, cellules polyédriques; *e*, assise basale; *d*, derme.

de l'*épithélium* avec ses cellules hautes et cylindriques et, superficiellement, des cellules polyédriques encore jeunes, avec noyaux volumineux, en connection les unes avec les autres et ne présentant aucun signe de kératinisation ni de desquamation vers l'extérieur.

Cette lèvre supérieure qui a bien avec les organes adamantins des incisives les rapports d'une lèvre avec les dents s'efface, plus tard, par suite du grand développement de la trompe.

(1) La différence entre la muqueuse et la peau est, ici, très indécise comme cela se voit chez certains Rongeurs.

MÉDECINE. — *Le traitement des tumeurs et des algies par le venin de cobra* (1).
Note (2) de M. **Charles Taguet.**

Depuis trois ans, MM. Monaelesser (de New-York) et Taguet (de Paris) ont traité des tumeurs et des algies diverses en utilisant, à la suggestion de M. A. Calmette, du venin de cobra.

Les auteurs ont surtout noté le rôle analgésiant du venin et ils ont pu constater secondairement des améliorations dans l'état général des malades ainsi traités et une stabilisation, voir même une régression des lésions.

Ils ont surtout choisi les cas de tumeurs malignes.

Dans la plupart des observations ils signalent la sédation et même la disparition de l'élément douloureux. Puis l'état général s'améliore au point que le malade peut gagner du poids et reprendre ses occupations.

Chez d'autres ils ont pu constater l'arrêt de l'évolution et même dans certains cas la régression de la tumeur.

Toutefois ils signalent la résistance à ce traitement de certaines tumeurs intéressant le foie, le pancréas, l'estomac, les reins. Mais là aussi il y a sédation de l'élément douloureux s'il n'y a pas eu amélioration de la tumeur. Mais cette opinion n'est pas définitive, beaucoup de ces malades leur ayant été confiés dans un état de cachexie très avancée.

Les auteurs se proposent de présenter à l'Académie de Médecine des sujets traités depuis plus de deux ans et de communiquer les résultats de leurs recherches expérimentales.

Ils comptent aussi ne pas se limiter à la cure des tumeurs et de traiter des algies ayant d'autres origines.

Le traitement consiste à utiliser une solution injectable de venin de cobra. L'injection se fait sous la peau (cuisse, bras, région sus-scapulaire). Elle est indolore, elle n'est suivie d'aucun choc, d'aucune réaction thermique, d'aucun érythème local, elle ne provoque jamais d'hématome.

A $13^h 25^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^h. É. P.

---

(1) Document retiré du pli cacheté n° 10659, déposé le 28 novembre 1932, ouvert à la demande de l'auteur le 6 mars 1933.

(2) Séance du 13 mars 1933.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 MARS 1933.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES RICHET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur un problème élémentaire de probabilités et la quasi périodicité de certains phénomènes arithmétiques.* Note de M. **Émile Borel.**

Problème. — *On considère un nombre de n chiffres écrit dans le système de numération de base* β; *quelle est la probabilité* P_n *pour que dans la suite des n chiffres figurent au moins une fois deux chiffres consécutifs dont le second soit égal au premier augmenté d'une unité?*

Désignons par α l'un des chiffres o, 1, 2, ..., $\beta - 1$ et soit $a_{\alpha,n}$ le nombre des nombres de n chiffres dont le dernier chiffre est α et qui, d'autre part, ne se trouvent pas dans le cas de l'énoncé, c'est-à-dire ne renferment aucun groupe de deux chiffres consécutifs dont le second est égal au premier augmenté d'une unité. Posons

$$(1) \qquad A_n = \sum_{\alpha=0}^{\alpha=\beta-1} a_{\alpha,n}.$$

On a

$$(2) \qquad P_n = 1 - \frac{A_n}{\beta^n}.$$

Il suffit donc de calculer A_n ou plutôt les $a_{\alpha,n}$.

Or on a évidemment

$$(3) \qquad a_{0,n+1} = \sum_{\alpha=0}^{\alpha=\beta-1} a_{\alpha,n} = A_n,$$

$$(4) \qquad a_{1,n+1} = A_n - a_{0,n},$$

$$(5) \qquad a_{\alpha,n+1} = A_n - a_{\alpha-1,n} \qquad (\alpha = 2, 3, \ldots, \beta - 1)$$

et, par suite,

$$(6)\qquad A_{n+1} = \beta A_n - \sum_{0}^{\beta-2} a_{\alpha,n} = (\beta - 1) A_n + a_{\beta-1,n}.$$

Ces formules permettent de résoudre simplement le problème posé pour toutes les valeurs numériques données de β et de n, en partant du fait que $a_{\alpha,1}$ est égal à 1, pour toutes les valeurs de α.

On peut chercher à aller plus loin et à remplacer les formules récurrentes (3), (4), (5), (6) par des formules donnant directement $a_{\alpha,n}$ et A_n en fonction de n. La méthode classique conduit à former les fonctions linéaires des $a_{\alpha,n}$ qui sont multipliées par un facteur λ lorsqu'on y remplace n par $n+1$. Le calcul est plus aisé en remplaçant la variable $a_{0,n}$ par la variable A_n et l'on aboutit facilement à l'équation suivante en λ_i :

$$(7)\qquad f(\lambda) = \lambda^{\beta} - \beta\lambda^{\beta-1} + (\beta - 1)\lambda^{\beta-2} - (\beta - 2)\lambda^{\beta+3} + \ldots + (-1)^{\beta} = 0.$$

L'étude de cette équation est simplifiée si l'on remarque que l'on a

$$(8)\qquad (1+\lambda)^2 f(\lambda) = \lambda^{\beta+2} - (\beta - 2)\lambda^{\beta+1} - \beta\lambda^{\beta} + (-1)^{\beta}.$$

Sous cette forme on voit que l'équation (7) a une ou deux racines réelles, suivant la parité de β. L'une de ces racines est comprise entre $\beta - 1$ et β et tend vers $\beta - 1$ lorsque β augmente indéfiniment; l'autre (quand β est pair) est inférieure à 1. Les racines imaginaires peuvent être calculées par approximations successives en écrivant l'équation (8) sous la forme

$$(9)\qquad \lambda^{\beta} = \frac{1}{\varphi(\lambda)},$$

On trouve ainsi des racines dont le module tend vers l'unité lorsque β augmente indéfiniment et dont les arguments sont voisins de ceux des racines $n^{\text{ièmes}}$ de ± 1. Il s'introduit ainsi dans la formule générale donnant A_n, à coté d'un terme exponentiel, des termes quasi périodiques.

Il y a donc une certaine analogie formelle entre la solution de ce problème très élémentaire et celle du problème beaucoup plus difficile et beaucoup plus important concernant la probabilité pour qu'un nombre entier compris entre certaines limites soit un nombre premier. Il est vraisemblable que de tels phénomènes de quasi périodicité se retrouveraient dans de nombreux problèmes de probabilités arithmétiques et c'est pour cette raison qu'il ne m'a pas paru inutile de publier ces remarques, malgré leur caractère élémentaire.

CHIMIE ORGANIQUE ET BIOLOGIQUE. — *Rôle de l'acide allantoïque chez les végétaux supérieurs.* Note de MM. **R. Fosse**, **P. de Graeve** et **P.-E. Thomas**.

L'urée et l'ammoniaque, formées par les plantes, proviennent, en partie, de l'acide urique, ainsi que l'établissent nettement les expériences qui suivent.

1. *Présence de l'acide allantoïque chez les végétaux supérieurs.* — Les sucs de jeunes feuilles d'*Acer pseudoplatanus* et du légume vert de *Phaseolus vulgaris* produisent abondamment l'urée et l'acide glyoxylique par simple chauffage. La substance qui engendre l'urée dans ces conditions n'est ni l'arginine, ni l'acide cyanique, c'est un principe resté longtemps insoupçonné dans le monde végétal, l'acide allantoïque :

$$\begin{array}{ccc} NH^2 & & NH^2 \\ | & & | \\ CO & COOH & CO \\ | & | & | \\ NH- & CH- & NH \end{array}$$

isolé et identifié par l'analyse élémentaire, sous la forme de son dérivé dixanthylé spécifique, l'acide dixanthylallantoïque (1926) ([1])

$$\begin{array}{ccc} O\left\langle\begin{array}{c}C^6H^4\\C^6H^4\end{array}\right\rangle CH.NH & & NH.CH\left\langle\begin{array}{c}C^6H^4\\C^6H^4\end{array}\right\rangle O \\ | & & | \\ CO & COOH & CO \\ | & | & | \\ NH- & CH- & NH \end{array}$$

2. *Isolement et identification, sous la forme de son dérivé xanthylé, de l'acide allantoïque formé pendant la germination.* — Dans son intéressant travail, R. Bonnet ([2]) trouve de petites quantités d'azote allantoïque dans le Lupin et la Lentille, avant et après la germination. L'acide allantoïque est déterminé dans ses expériences d'après l'urée formée par chauffage chlorhydrique.

Préparation et défécation de la solution d'acide allantoïque, contenu dans Tri-

---

([1]) R. Fosse, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 175 et 869; 183, 1926, p. 175; R. Fosse et A. Hieulle, *ibid.*, 184, 1927, p. 1596; R. Fosse et V. Bossuyt, *ibid.*, 185, 1927, p. 308.

([2]) R. Bonnet, *Bull. Soc. Chimie biol.*, 11, 1925, p. 1929-1961.

folium sativum (*trèfle violet*), *germé aseptiquement*, *à l'obscurité*, 6 *jours à* 31°. — Broyer la plante avec du sable, exprimer à la presse hydraulique, diviser le résidu dans l'eau, presser, répéter la même opération une seconde fois, refroidir le liquide trouble, déféquer par 1/40 de nitrate d'argent N, centrifuger.

Précipitation de l'acide allantoïque à l'état de sel de mercure. — Ajouter de l'acétate de mercure en solution concentrée jusqu'à ce qu'il ne se forme plus de précipité, centrifuger, laver deux fois avec de l'eau le dépôt, contenant l'acide allantoïque à l'état de sel de mercure, fort peu soluble dans l'eau, déjà décrit (¹) :

$$\left[\begin{matrix} NH^2.CO.NH \\ NH^2.CO.NH \end{matrix} CH.COO\right]^2 Hg + 2H^2O.$$

Déplacement de l'acide allantoïque de sa combinaison mercurique. — Diviser le dépôt mercurique dans un peu d'eau glacée, libérer l'acide allantoïque par un courant d'hydrogène sulfuré, toujours en refroidissant, éliminer le sulfure de mercure par centrifugation et H^2S par courant d'air, alcaliniser légèrement.

Précipitation de l'acide allantoïque par le xanthydrol. — Au liquide ainsi obtenu (26^{cm^3}, contenant $1^g,1$ d'acide allantoïque par litre), refroidi, ajouter son volume d'acide acétique et 1/40 de son volume de solution méthylique de xanthydrol à 1/10. Après 3 heures à la glacière, centrifuger le précipité volumineux hydraté, laver deux fois à l'acide acétique à 1/2, puis à l'eau pour chasser complètement cet acide.

Purification de l'acide dixanthylallantoïque. — Pour transformer ce produit brut en corps pur à l'analyse, nous avons déjà eu recours à la pyridine. A cause de la faible solubilité, même à chaud, de ce dérivé xanthylé, nous étions contraints de filtrer très rapidement à la trompe la solution bouillante. Cette pratique, très incommode, offre, en outre, d'autres inconvénients : une partie de la substance cristallise sur le filtre et une autre se décompose de manière appréciable.

Dans le procédé que nous suivons actuellement, nous profitons de la curieuse propriété que possède l'acide dixanthylallantoïque, non séché, encore humide, de se dissoudre dans la pyridine glacée et de s'en déposer ensuite, après filtration rapide et abandon à la température ordinaire, en amas volumineux, formés d'aiguilles microscopiques, à peine visibles aux plus forts grossissements.

Pour faire recristalliser facilement l'acide dixanthylallantoïque de la pyridine, nous employons un exsiccateur à deux tubulures : l'une à robinet sur la paroi verticale, communique avec la trompe; l'autre, fixée verticalement sur le couvercle, porte un entonnoir-filtre Schott. La solution, plus ou moins complète, obtenue en triturant quelques instants la matière humide avec la pyridine, pure, glacée, est filtrée rapidement à la trompe sur cet entonnoir pour être reçue dans un tube à centrifuger placé dans l'exsiccateur. Après plusieurs heures d'abandon à la température ordinaire, centrifuger le volumineux précipité ressemblant à de l'hydrate d'alumine, laver plusieurs fois à l'alcool méthylique, à l'éther absolu, et enfin sécher longtemps à 100°.

Analyse. — Trouvé : N pour 100, 10,26. Calculé pour $C^{30}H^{24}O^5N^4$: N pour 100,

---

(¹) R. Fosse et A. Hieulle, *Bull. Soc. Chimie biol.*, 10, 1928, p. 310; *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1596.

10,44. Matière, $6^{mg},59$; volume corrigé, $0^{cm^3},598$; pression, $765^{mm},5$. Température, 23°.

3. *Accumulation de l'acide allantoïque pendant la germination.* — Des graines de *Melilotus officinalis* et de *Trifolium sativum* sont mises en germination, à la température ordinaire, à la lumière, sur des assiettes poreuses, maintenues constamment humectées d'eau de source.

L'acide allantoïque initial, voisin de $0^{g},1$ par kilogramme de plante sèche, avant germination, s'élève, après germination, à $6^{g},85$ chez le Mélilot (35 jours); $12^{g},9$ chez le Trèfle violet (20 jours):

Durée de la germination en jours.	Poids d'acide allantoïque en grammes par kilogramme de plante sèche.	Rapport acide allantoïque de plantule à acide allantoïque initial.
Melilotus officinalis.		
0	0,097	1
8	1,68	17,3
10	2.14	22
15	2,69	27.7
23	4,10	42,2
35	6,85	70
Trifolium sativum (Trèfle violet).		
0	0,100	1
3	1,225	12,2
5	4,46	44,6
7	6,6	66
10	8,03	80,3
20	12.9	129

4. *Préparation et défécation de la solution d'acide allantoïque.* — Séparer les plantules des quelques graines non germées; sécher dans le vide sur chlorure de calcium; réduire en poudre fine; déterminer sur une partie, à 110°, l'humidité restante; en peser 5 à 20^{cg}, suivant la richesse en acide allantoïque; mettre en contact quelques minutes, dans un tube à centrifuger, avec HCl N/100 (5^{cm^3} environ); déféquer le tout par des quantités convenables de tungstate de sodium à 1/10 et d'acide sulfurique 2/3 N; centrifuger; filtrer dans fiole jaugée (20 à 50^{cm^3} suivant la quantité d'acide allantoïque du dosage); laver trois fois le précipité par centrifugation avec HCl N/100, additionné chaque fois d'une goutte de tungstate et d'acide; compléter le volume avec HCl N/100. La liqueur doit être absolument limpide et conserver cet état au cours des manipulations qui suivent. Son titre en acide allantoïque doit être inférieur à 15^{mg} par litre.

5. *Technique de la réaction colorée glyoxylique et dosage spectrophotométrique de l'acide allantoïque.* — Placer 2 minutes, au bain-marie bouillant, dans un tube à essais :

Solution d'acide allantoïque à titrer..............	2^{cm^3}
Chlorhydrate de phénylhydrazine à 1/100.........	2 gouttes ($0^{cm^3},10$)

puis, après refroidissement rapide par courant d'eau, ajouter :

HCl concentré.................................	1^{cm^3}
Ferricyanure de K à 5/100.......................	2 gouttes ($0^{cm^3},10$)

Mesurer au spectrophotomètre Jobin et Yvon, pour $\lambda = 5200$ Å, la densité d'absorption totale. Effectuer la même mesure sur un mélange identique n'ayant pas subi l'action de la chaleur. La différence Δ est la densité d'absorption de la solution colorée produite par l'acide glyoxylique.

En se reportant à la droite qui représente les densités d'absorption en fonction des concentrations en acide allantoïque, on en déduit l'acide allantoïque contenu dans les plantules [1].

6. *Origine de l'acide allantoïque et mécanisme de sa formation.* — Cet uréide provient de l'allantoïne sous l'influence d'un ferment extrêmement répandu chez les végétaux, l'allantoïnase (1929) [2] :

```
NH²        NH                            NH²              NH²
|         /  \          + H₂O            |                |
CO      CO    CO     ---------->         CO    COOH       CO
|        |     |     Allantoïnase.       |      |         |
NH  —   CH  —  NH                        NH  —  CH   —    NH
    Allantoïne.                             Acide allantoïque.
```

L'allantoïne doit sa formation, chez les végétaux comme chez les animaux, à l'action de l'uricase sur l'acide urique, récemment découvert dans les végétaux supérieurs (1932) [3] :

```
NH — CO                                        NH²       NH
|     |                                        |        /  \
CO    C — NH\       + O + H²O — CO²            CO     CO    CO
|     ||     >CO   ------------------>         |       |     |
NH —  C — NH/           Uricase.               NH  —  CH  —  NH
   Acide urique.                                   Allantoïne.
```

[1] R. Fosse, A. Brunel et P.-E. Thomas, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1615.

[2] R. Fosse et A. Brunel, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 426 et 1067; R. Fosse, A. Brunel et P. de Graeve, *ibid.*, 189, 1929, p. 716; A. Brunel, *ibid.*, 192, 1931, p. 442.

[3] R. Fosse, de Graeve et P.-E. Thomas, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1408 et 195, 1932, p. 1198.

M. **Mesnil**, en présentant le volume consacré à la *Célébration du 25e Anniversaire de la Société de Pathologie exotique* (8 et 9 février 1933), dont le président fondateur fut notre illustre Confrère A. Laveran, s'exprime ainsi :

L'Académie a bien voulu se faire représenter par son Secrétaire perpétuel, M. A. Lacroix, à cette célébration qui s'est tenue, en la présence de M. le Président de la République, sous la présidence de M. le Ministre des Colonies, assisté de M. Brumpt, président en exercice de la Société, et des anciens présidents, MM. Calmette, Marchoux et moi-même.

En dehors de la séance solennelle, la Société a tenu trois séances de travail, où des sujets spéciaux ont été traités : Étiologie et traitement des infections intestinales des pays chauds; Mode de transmission des Protistes sanguicoles; Fièvres exanthématiques et maladies exotiques à éruptions cutanées. Des rapports introductifs ont été présentés par MM. Sanarelli de Rome, Adler de Jérusalem et notre confrère Ch. Nicolle. On trouvera, dans le fascicule de 268 pages dont je fais hommage à l'Académie, reproduites toutes les allocutions, rapports, discussions et communications des quatre séances.

M. **E. Esclangon** fait hommage à l'Académie d'un Volume intitulé *Dix Leçons d'Astronomie*.

ÉLECTIONS.

M. **F. A. Vening Meinesz** est élu Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation par 37 suffrages contre 5 à M. *Odon de Buen*, 4 à M. *Gustave Binger* et 1 à M. *Lauge Koch*, en remplacement de M. *A. L. de Teffé*, décédé.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Archives de Zoologie expérimentale et générale*. Tome 74. *Premier*

volume jubilaire. Cinquantenaire du Laboratoire Arago. Soixantième anniversaire des *Archives de Zoologie.*

2° Jules Barré. *Grande pyramide. Le secret du Sphinx. Hypothèse.*

3° Pierre Bricout. *Microénergétique.* Tome II. *Les théories et les faits.*

THÉORIE DES ESPACES DE RIEMANN. — *Sur un ds^2 à symétrie axiale non statique et sur quelques problèmes connexes.* Note de M. **J. Delsarte**, présentée par M. Henri Villat.

La détermination des ds^2 à symétrie axiale non statique, satisfaisant aux équations d'Einstein dans le vide, se ramène à la recherche des espaces de Riemann à trois dimensions, et des scalaires φ définis dans ces espaces, satisfaisant aux équations

$$(1) \qquad R_{ij} = \frac{1}{\varphi}\varphi_{,i,j} \qquad (i, j = 1, 2, 3)$$

où la virgule en indice a la signification habituelle. L'espace doit, de plus, être à courbure scalaire nulle; ou, ce qui revient au même, φ doit être harmonique.

On peut remarquer que, dans un tel espace, le repère principal de Ricci est, en chaque point, confondu avec le repère trirectangle attaché au tableau des dérivées covariantes secondes du scalaire φ. On peut énoncer les théorèmes suivants :

1° *Si, dans un espace de Riemann à trois dimensions, les trois faces du trièdre trirectangle attaché, en chaque point, au tableau des dérivées secondes covariantes d'un scalaire φ, s'ordonnent suivant les plans tangents aux surfaces des trois familles d'un système triple orthogonal, ce trièdre est le repère principal de Ricci.*

2° *Si les trois faces du repère principal de Ricci s'ordonnent suivant les plans tangents aux surfaces des trois familles d'un système triple orthogonal, il existe une infinité de scalaires φ, tels que le trièdre attaché, en chaque point, au tableau de ses dérivées secondes covariantes, soit justement le repère principal de Ricci.*

La détermination des espaces de Riemann correspondants équivaut à celle des systèmes triples conjugués dans l'espace euclidien : elle se ramène donc à l'intégration d'une équation aux dérivées partielles du sixième ordre à trois variables indépendantes.

Ces résultats ne donnent que des solutions particulières des équa-

tions (1), car, en général, les faces du trièdre principal de Ricci ne sont pas les plans tangents aux trois surfaces d'un système triple orthogonal, passant par un point quelconque. Mais on peut obtenir d'autres solutions particulières en faisant des hypothèses supplémentaires, convenablement choisies. Si, par exemple, on suppose que la quadrique de Riemann est partout de révolution, on trouve, par des calculs assez longs, que les espaces remplissant toutes ces conditions dépendent seulement de deux constantes arbitraires, leur ds^2 étant réductible à la forme

$$ds^2 = \frac{1}{(x-t)^2}\left[\frac{dx^2}{x^3+px+q} + (x^3+px+q)\,dy^2 - \frac{dt^2}{t^3+pt+q}\right];$$

le ds^2 convenant à la relativité, qui correspond à ce ds^2 à trois dimensions, étant

$$dS^2 = \frac{1}{(x-t)^2}\left[\frac{dx^2}{x^3+px+q} + (x^3+px+q)\,dy^2 + (t^3+pt+q)\,dz^2 - \frac{dt^2}{t^3+pt+q}\right].$$

On peut encore, en faisant d'autres hypothèses moins simples, trouver des solutions dépendant de deux fonctions arbitraires d'une variable.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une classe de séries de Taylor.* Note de M. **Georges Bourion.**

Cette Note expose quelques résultats sur les séries de Taylor qui peuvent être rendues lacunaires en leur ajoutant une série à rayon de convergence plus grand; elle complète une Note antérieure sur le même sujet [1]. Les démonstrations seront publiées ultérieurement.

1. En utilisant une méthode de R. Jentzsch [2], on peut compléter de la manière suivante un théorème énoncé dans la Note citée :

Soient donnés des domaines $D_1, D_2, \ldots$ [3] en nombre fini ou en infinité dénombrable; on suppose que chaque D_ν est simplement connexe et n'a ni l'origine ni le point à l'infini comme point intérieur; on se donne de plus dans chaque D_ν une fonction $f_\nu(x)$ qui y soit régulière. *On peut alors former*

(1) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 938.

(2) R. Jentzsch, *Fortgesetzte Untersuchungen über die Abschnitte von Potenzreihen* (*Acta mathematica*, 41, 1918; voir p. 236 et suiv.).

(3) Il s'agit bien entendu de domaines univalents.

une série de Taylor $\Sigma a_n x^n$ *telle qu'à chaque* D_ν *corresponde une suite partielle de polynomes-sections qui converge uniformément vers* $f_\nu(x)$ *dans* D_ν *et non dans un domaine plus grand.* Si l'origine est point-limite de l'ensemble formé par les points intérieurs à l'un au moins des D_ν, la série obtenue a un rayon de convergence nul; dans le cas contraire, on peut à volonté prescrire qu'elle ait un rayon de convergence nul, ou qu'elle définisse une fonction ayant comme domaine d'existence un domaine D soumis aux seules restrictions suivantes : être simplement connexe [1], contenir l'origine et n'avoir de points intérieurs communs avec aucun des D_ν.

Si les D_ν se répartissent en familles formées de domaines deux à deux sans points intérieurs communs, on peut exiger de plus qu'à tous les domaines d'une même famille corresponde une même suite partielle.

2. Je dirai qu'une série de Taylor $\Sigma a_n(x-x_0)^n$ à rayon de convergence fini appartient au type A, B ou C s'il est possible de la décomposer en une somme de deux séries $\Sigma b_n(x-x_0)^n$, $\Sigma c_n(x-x_0)^n$, dont la seconde ait un rayon de convergence plus grand, de sorte que les conditions suivantes soient remplies :

A. La première série présente des lacunes de largeur relative bornée inférieurement :

$$b_n = 0 \text{ pour } m_k < n < m'_k \ (k = 1, 2, \ldots), \qquad m'_k / m_k > h > 1.$$

B. De plus, $m'_k / m_k \to \infty$.

C. Mêmes hypothèses que pour B et de plus $\Sigma c_n(x-x_0)^n$ est une fonction entière.

Les théorèmes suivants expriment une sorte de *continuité* de la structure lacunaire :

Si une fonction analytique $f(x)$ *admet à l'origine un développement du type* A *ou* B, *son développement en série de Taylor autour de tout point suffisamment voisin est du même type.*

Si le développement à l'origine est du type C, *il en est de même du développement autour de tout point du domaine d'existence.*

En utilisant un théorème de M. Ostrowski (voir par exemple *Abh. der Hamburgischen Universität*, 1, 1922, p. 335) on peut compléter ainsi ce dernier énoncé : il existe une suite $n_k (m_k < n_k < m'_k)$ telle que, *dans le déve-*

---

(1) Si D n'est pas simplement connexe, la construction que j'emploie n'est plus applicable; on peut d'ailleurs être mené à une impossibilité pour un choix convenable des D_ν.

loppement en série de Taylor autour d'un point quelconque du domaine d'existence, les sommes partielles de rang n_k convergent uniformément vers $f(x)$ dans tout le domaine d'existence.

3. Considérons une série de Taylor telle qu'une suite partielle s_{n_k} de polynomes-sections converge en dehors du cercle de convergence de la série; soit $2\omega(R)$ la mesure (¹) en radians de l'ensemble des points de la circonférence $|x| = R$ autour desquels la suite s_{n_k} converge uniformément :

Si

$$\overline{\lim_{R \to \infty}}\, 2\omega(R) = 2\pi,$$

la série considérée est du type C.

4. Considérons une série de Taylor $\Sigma a_n x^n$ ayant une suite partielle ultraconvergente s_{n_k} de polynomes-sections; supposons son rayon de convergence égal à l'unité. Une suite s_{m_k} sera dite *voisine* de la suite s_{n_k} si l'ensemble des $a_n x^n$ qui vérifient

$$n_k \leqq n \leqq m_k \quad \text{ou} \quad m_k \leqq n \leqq n_k,$$

pour une valeur de k forme une série dont le rayon de convergence surpasse *un*. Il est facile de montrer qu'étant donné un domaine D (ou un arc rectifiable C) intérieur au domaine d'ultraconvergence des s_{n_k} (ou plus généralement à l'un de leurs domaines de convergence uniforme) et non intérieur au cercle de convergence, *on peut indiquer une suite s_{m_k} voisine de la suite s_{n_k} telle que* D (*ou* C) *ne soit pas intérieur à un domaine de convergence des s_{m_k}.*

Ceci implique une certaine continuité dans l'ultraconvergence : il n'est pas possible que les suites de polynomes-sections se répartissent en deux classes, les unes n'étant pas ultraconvergentes et les domaines d'ultraconvergence des autres ayant en commun un domaine D qui ne se réduise pas au cercle de convergence.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Extension d'un théorème de M. Warschawski sur la représentation conforme.* Note (²) de M. **Julius Wolff**, présentée par M. Émile Borel.

Soit C une courbe fermée de Jordan, parcourue par le point

$$w = w(t) = u(t) + iv(t),$$

(¹) Ou la mesure intérieure.

(²) Séance du 20 mars 1933.

et ayant à l'origine $O[w(0)=0]$ l'axe imaginaire $u=0$ pour tangente. On suppose :

A. Il y a deux constantes m et M telles que pour chaque t

$$0 < m < \left|\frac{w(t)}{t}\right| < M < \infty.$$

B. En posant $\mu(t) =$ maximum de $|u|$ sur le segment $(0, t)$

$$\int_C \frac{\mu(t)}{t^2}\,dt < \infty \quad (^1).$$

Choisissons un point w_0 dans le domaine G limité par C et représentons G sur le cercle $D(|z+1|<1)$ au moyen d'une fonction $z(w)$ telle que

$$z(w_0) = -1 \qquad \text{et} \qquad z(0) = 0.$$

M. S. Warschawski a démontré que $|w/z|$ est limité supérieurement et inférieurement dans G [2].

Nous démontrerons dans la présente Note que $z(w)$ *possède au point* $O(w=0)$ *une dérivée angulaire* $z'(0) \neq 0$ *et* $\neq \infty$ [3].

Soit Γ la courbe définie au voisinage de $t=0$ par

$$u = \mu(t), \qquad v = v(t).$$

Quand $|t|$ croît, u ne décroît jamais. Au contraire $|v|$ peut décroître. Sur chaque droite $v=$ const., soit $P[\varphi(v), v]$ le point de Γ dont l'abscisse est maximale. Alors Γ_1, lieu de P, complété éventuellement par des segments de droites parallèles à l'axe des u, est comme C tangent en O à l'axe des v. De plus, quand un point, partant de O, parcourt la branche supérieure (inférieure) de Γ_1, alors u et $|v|$ ne décroissent jamais.

L'hypothèse A a pour conséquence que les intégrales de Stieltjes

$$I = \int_{\Gamma_1} \left|\frac{du}{v}\right| \qquad \text{et} \qquad J = \int_C \left|\frac{d\mu}{t}\right|$$

convergent en même temps. L'hypothèse B entraîne la convergence de J, donc $I < \infty$.

Soit Γ_2 l'image de Γ_1 par rapport à l'axe imaginaire. Complétons Γ_1 et Γ_2

---

(1) L'hypothèse B a pour conséquence que C est tangente en O à l'axe imaginaire.

(2) *Mathem. Zeitschrift*, 35, 1932, p. 387-424.

(3) Si $\lim_{t=0} |w(t)/t| \neq 0, \neq \infty$ existe, M. Warschawski démontre l'existence d'une dérivée lim w/z, z tendant vers zéro d'une manière quelconque.

par deux arcs de courbes de manière à obtenir deux courbes fermées de Jordan, dont la première limite un domaine G_1 contenant G et le demi-plan $u < 0$ et dont la seconde limite un domaine G_2 faisant partie de G et du demi-plan $u < 0$. Supposons en outre w_0 dans G_2, ce qui ne nuit pas à la généralité.

Indiquons par $z^*(w)$, $z_1(w)$ et $z_2(w)$ les fonctions qui représentent respectivement les domaines $u < 0$, G_1 et G_2 sur le cercle $D(|z+1| < 1)$ tel que les origines $z = 0$ et $w = 0$ se correspondent chaque fois et que $z = -1$ corresponde à w_0.

Alors à tout point w sur Γ_1 dans le voisinage de O il correspond un point c de l'axe réel négatif tel que

$$\left|\frac{z_1(c)}{c}\right| < N\left|\frac{z_1(w)}{w}\right|, \qquad N \text{ fixe } (^1).$$

G_1 contenant le demi-plan $u < 0$, on a

$$\liminf_{\substack{c \to 0 \\ c < 0}} \left|\frac{z_1(c)}{z^*(c)}\right| \geq 1.$$

En tenant compte de ce que $\lim_{c \to 0} z^*(c)/c > 0$, on conclut que

$$\left|\frac{z_1(w)}{w}\right| > h > 0, \qquad h \text{ fixe}.$$

Cette inégalité combinée à $I < \infty$ prouve que

$$\int_{\Gamma_1} \frac{u}{|v|}\left|\frac{dz_1(w)}{z_1(w)}\right| < \infty,$$

d'où résulte l'existence d'une dérivée angulaire $z_1'(0) \neq 0, \neq \infty$ (²).

Enfin une dérivée angulaire $z_2'(0) \neq 0, \neq \infty$ existe en vertu d'un théorème de M. van der Corput (³).

Puisque G contient G_2 et qu'il est contenu dans G_2, la dérivée angulaire $z'(0) \neq 0, \neq \infty$ existe (⁴), ce qu'il fallait démontrer.

(¹) S. WARSCHAWSKI, *loc. cit.*, p. 361.

(²) J. WOLFF, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 923; P. FATOU, *Acta mathematica*, 30, p. 360.

(³) *Kon. Academie van Wetenschappen*, Amsterdam, 33, 1932, p. 330.

(⁴) Voir la Thèse de M. B. GROOTENBOER, Utrecht, 1932, p. 24.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur un cas particulier du mouvement engendré dans un fluide visqueux par la rotation d'un cylindre.* Note [1] de MM. **Michel Luntz** et **Paul Schwarz**, présentée par M. Henri Villat.

Un cylindre tourne dans un liquide visqueux avec une vitesse angulaire constante. Nous supposerons que le mouvement du liquide est permanent et possède la symétrie circulaire. Le liquide est limité par deux plans horizontaux dont l'un est sa surface libre. Nous savons que le mouvement de rotation d'un cylindre engendre sur la surface du liquide un mouvement complémentaire radial qui peut être interprété par l'existence d'un tourbillon en forme de tore entourant le cylindre. Étudions le mouvement sur la surface du liquide. Choisissons dans le plan de la surface libre le système de coordonnées polaires r, θ et soient v_r et v_θ les composantes de la vitesse dans ce système. Supposons enfin que nous nous placions dans la région où la surface libre est plane, donc à une certaine distance du cylindre tournant.

Dans ces conditions les équations de Navier prennent la forme suivante :

$$(1)\qquad \begin{cases} F_r - \rho\left(v_r \dfrac{\partial v_r}{\partial r} - \dfrac{v_\theta^2}{r}\right) - \dfrac{\partial p}{\partial r} = 0, \\ F_\theta - \rho\left(v_r \dfrac{\partial v_\theta}{\partial r} + \dfrac{v_r v_\theta}{r}\right) + \mu \dfrac{\partial}{\partial r}\left[\dfrac{1}{r}\dfrac{\partial}{\partial r}(r v_\theta)\right] = 0, \end{cases}$$

où p est la pression, ρ la densité, μ la viscosité du liquide ; F_r et F_θ les composantes rapportées à l'unité de volume de la force extérieure provenant de l'immobilité du liquide sur le fond.

D'autre part, l'équation de continuité est

$$(2)\qquad v_r = \frac{k}{r},$$

k étant une constante réelle finie.

Posons, h étant la profondeur du liquide,

$$(3)\qquad F_\theta = -\frac{\mu}{h^2} v_\theta,$$

ce qui revient à supposer la constance en profondeur du gradient de v_θ, hypothèse naturelle pour h faible.

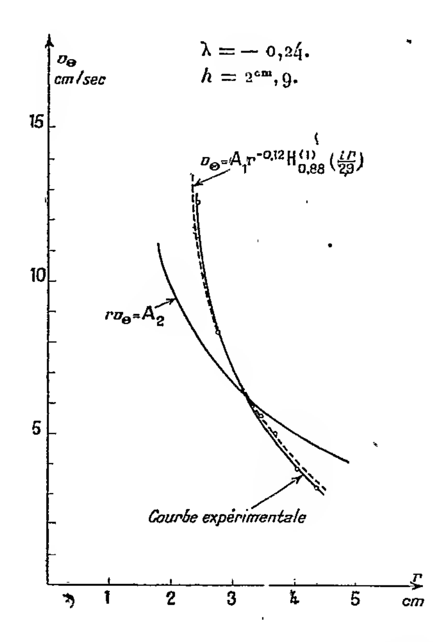
---

[1] Séance du 20 mars 1933.

La seconde équation de Navier devient alors, en tenant compte de (2) et (3) et en posant $\lambda = k\rho/\mu$,

$$\frac{d^2 v_\theta}{dr^2} + \frac{1-\lambda}{r}\frac{dv_\theta}{dr} - \left[\frac{1}{h^2} + \frac{1+\lambda}{r^2}\right] v_\theta = 0. \tag{4}$$

L'équation (4) est une équation de Bessel. La solution générale de cette



équation, qui s'annule pour $r = \infty$, peut se mettre, comme le prouve le calcul, sous la forme

$$v_\theta = A\, r^{\frac{\lambda}{2}} H^{(1)}_{1+\frac{\lambda}{2}}\left(\frac{ir}{h}\right), \tag{5}$$

où A est une constante déterminée par les conditions aux limites et $H^{(1)}_{1+\frac{\lambda}{2}}$ l fonction de Hankel de première espèce

$$H^{(1)}_{1+\frac{\lambda}{2}} = \frac{i}{\sin\pi\left(1+\frac{\lambda}{2}\right)}\left[e^{-\left(1+\frac{\lambda}{2}\right)\pi i} J_{1+\frac{\lambda}{2}} - J_{-1-\frac{\lambda}{2}}\right]$$

avec

$$J_p(x) = \left(\frac{x}{2}\right)^p \sum_{\nu=0}^{\infty} \frac{\left(\frac{ix}{2}\right)^{2\nu}}{\nu!\,\Gamma(p+\nu+1)}.$$

En particulier pour $\lambda = 0$ (absence de la composante radiale de la vitesse)

on a

$$v_\theta = \mathrm{A}\mathrm{H}_1^{(1)}\left(\frac{ir}{h}\right).$$

D'autre part lorsque la profondeur h devient infinie, nous retombons sur le résultat obtenu par Hamel (¹)

$$v_\theta = \frac{\mathrm{A}}{r} + \mathrm{B}r^{\lambda+1}.$$

Nous avons vérifié expérimentalement la loi (5) en chronophotographiant le mouvement. Sur le graphique on a tracé la courbe expérimentale, la courbe donnée par l'équation (5) et enfin la courbe exprimant la conservation de la circulation. On voit l'écart notable entre celle-ci et la courbe expérimentale et l'accord (dans les limites des erreurs expérimentales) entre la courbe expérimentale et celle donnée par la formule (5)

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur le mouvement avec sillage, à trois dimensions, d'un corps solide dans un fluide.* Note de M. **Florin Vasilesco**, présentée par M. Henri Villat.

Cette Note contient des résultats relatifs à la recherche d'une méthode d'étude des mouvements à trois dimensions. Le corps solide est supposé de révolution autour d'un axe $z'Oz$ ayant la direction de la vitesse à l'infini (égale à l'unité), le fluide parfait incompressible et le mouvement permanent irrotationnel. Il y aura une *surface de jet*, de profil λ. Le mouvement est le même dans chaque plan méridien. Soient zOr un tel plan et $z'OP\lambda$ la ligne de courant frontière du domaine D occupé par le fluide en mouvement, OP appartenant au corps solide. Dans ce plan, les conditions du mouvement sont les mêmes que pour un mouvement plan (à deux dimensions), avec sillage, sauf que le potentiel des vitesses $\varphi(z, r)$ satisfait à l'équation

$$\Delta\varphi + \frac{1}{r}\frac{\partial\varphi}{\partial r} = 0.$$

L'inclinaison θ de la vitesse vérifie, dans D, l'équation

$$\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\partial\theta}{\partial z} - \frac{1}{r}\sin^2\theta\right) + \frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{\partial\theta}{\partial r} + \frac{1}{r}\,\frac{\sin 2\theta}{2}\right) = 0 \tag{1}$$

(¹) G. Hamel, *Jahresber. d. Deutsch. Math. Ver.*, 25, 1916, p. 50.

et est égale sur le contour à l'angle de celui-ci avec Oz. Il en résulte, en tenant compte, en outre, de ce que, sur λ, la vitesse est égale à l'unité, que l'on a sur cette ligne, r' étant son coefficient angulaire,

$$(2)\qquad \begin{cases} \dfrac{\partial\theta}{\partial z} = \dfrac{1}{1+r'^2}\left[\dfrac{r'^2}{r} + \dfrac{r''}{1+r'^2}\right], \\ \dfrac{\partial\theta}{\partial r} = \dfrac{1}{1+r'^2}\left[-\dfrac{r'}{r} + \dfrac{r'r''}{1+r'^2}\right], \end{cases}$$

relations qui *caractérisent* λ.

Pour un mouvement plan, avec sillage, θ est harmonique et ces relations ne contiennent plus les termes en r.

Considérons un mouvement plan *plus général* [1], dans lequel la vitesse ρ, sur la nouvelle ligne λ_1, soit une fonction de cette ligne, $\rho = f(z, r, r', \ldots)$ (dans le cas du sillage, on a $\rho = 1$). Les relations caractéristiques (2) deviennent alors

$$(3)\qquad \begin{cases} \dfrac{\partial\theta_1}{\partial z} = \dfrac{1}{1+r'^2}\left[r'\dfrac{\rho'}{\rho} + \dfrac{r''}{1+r'^2}\right], \\ \dfrac{\partial\theta}{\partial r} = \dfrac{1}{1+r'^2}\left[-\dfrac{\rho'}{\rho} + \dfrac{r'r''}{1+r'^2}\right]. \end{cases}$$

Si θ est une fonction satisfaisant à (1) dans le domaine D_1 de ce mouvement, avec mêmes conditions aux limites que ci-dessus, et si ψ désigne, sur λ_1, l'excès de $\partial\theta/\partial r$ sur $\partial\theta_1/\partial r$, on démontre qu'en choisissant pour ρ la valeur

$$\rho = r\, e^{\int (1+r'^2)\psi\, dz},$$

les dérivées de θ, sur λ_1, ont les valeurs (2). λ_1 *coïncide* donc avec λ. On en conclut que :

Le mouvement à trois dimensions considéré peut se ramener à un mouvement à deux dimensions.

Mais la recherche de ψ, pour un contour λ_1 quelconque, semble malaisée. On tourne la difficulté en recherchant directement comment il faudrait modifier, en chaque point, la vitesse du mouvement à trois dimensions dans le plan zOr, pour la faire coïncider avec celle du mouvement à deux dimensions que l'on peut appeler équivalent (ayant même λ). Ceci revient à

---

[1] Peu importe si ce mouvement a une signification physique ou non; c'est son expression analytique qui nous intéresse.

chercher deux fonctions $\mu(z, r)$ *et* $\nu(z, r)$, *telles que*

$$u = \mu \frac{\partial \varphi}{\partial z} \quad \text{et} \quad v = \nu \frac{\partial \varphi}{\partial r}$$

satisfassent à une équation de la forme

$$\mu \frac{\partial \varphi}{\partial z} dz + \nu \frac{\partial \varphi}{\partial r} dr = d\mathrm{U},$$

où

$$\Delta \mathrm{U} = \frac{\partial^2 \mathrm{U}}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 \mathrm{V}}{\partial r^2} = 0,$$

et telles que l'on ait sur le contour $z'\mathrm{OP}\lambda$

$$\mu = \nu.$$

L'étude de ce problème donne, sur λ, pour μ qui n'est autre chose que ρ, la valeur recherchée [1]

$$\rho = \sqrt{r' + \frac{1}{r'}}.$$

Une fois en possession de cette vitesse, l'étude du mouvement à trois dimensions se poursuit par des méthodes analogues à celles du mouvement plan. En effet, dans le mouvement avec sillage à deux dimensions, on a, sur les lignes de jet, $V^2 = 1$. Ici, en employant la même notation pour la vitesse, on a

$$\frac{V^2}{2} \sin 2\theta = 1,$$

car telle est la signification de la valeur trouvée de ρ.

Si f est le potentiel complexe, *il faut chercher la fonction qui transforme le demi-plan supérieur de* f *en le domaine de* $1/2\,(df/dz)^2$. Dans le cas du disque circulaire de rayon unité, on a

$$\frac{1}{2}\left(\frac{df}{dz}\right)^2 = -i + \frac{1}{\pi} \log \frac{f-a}{a}.$$

Dans le cas du cône circulaire droit la formule est aussi immédiate. La ligne λ s'obtient en faisant varier f de a à $+\infty$.

Ce qui est heureux, et tout à fait imprévu d'ailleurs, c'est que l'on puisse conserver, pour l'étude des mouvements à trois dimensions, le puissant outil des fonctions de variable complexe et, avec lui, les méthodes fécondes de MM. Levi-Civitá et H. Villat.

---

(1) A vrai dire ρ est défini, à un facteur constant près, que l'on a pris égal à l'unité.

BALISTIQUE EXTÉRIEURE. — *Sur les équations du mouvement gyroscopique des projectiles stables.* Note [1] de M. **R. d'Adhémar**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Je prends un trièdre de référence mobile $Gxyz$, qui est lié à l'axe du projectile Gz, et au plan de résistance. Je le nomme trièdre libre. Je désigne par p, q, ρ les composantes de la rotation instantanée du projectile, et par p, q, r les composantes de la rotation instantanée du trièdre libre. Les angles d'Euler sont φ, ψ, δ. Je désigne par δ l'écart, par θ l'angle d'inclinaison de la tangente, et par η l'angle de dérivation. J'ai obtenu les expressions suivantes :

$$(1) \qquad \begin{cases} p = \delta' + \omega_5, \\ q = \psi' \sin\delta + \omega_6, \\ \rho = \varphi' + \psi' \cos\delta + \omega_7, \\ \rho = \varphi' + r \end{cases}$$

(ω_5, ω_6, ω_7 sont des expressions linéaires de θ' et de η'; l'accent désigne la dérivée par rapport au temps t).

Employons le théorème du moment cinétique, et écrivons les trois équations relatives aux trois axes du trièdre libre; nous avons trois équations différentielles en p, q, ρ, qu'il est inutile d'écrire, et que j'appelle les équations (2). Les seconds membres de ces équations contiennent δ. Les équations (1) et (2) sont les équations du mouvement gyroscopique.

J'écrirai en détail la première des équations (1) :

$$(3) \qquad p = \delta' + \theta' \cos\psi + \eta' \cos\theta \sin\psi.$$

On en tire immédiatement des résultats intéressants.

Mayevski a obtenu intuitivement une formule, qui est encore digne d'attention, mais dont l'approximation n'était pas connue. L'équation (3) montre que Mayevski a fait l'approximation $p = 0$ et $\eta' = 0$. MM. Charbonnier et Garnier ont donné une formule, relative à l'amortissement. L'équation (3) montre que cette formule repose sur l'approximation $p = 0$ et $\psi = \pi/2$.

Pour étudier les équations (1) et (2), il faut faire des approximations successives, par une adaptation convenable des méthodes de M. Émile

(1) Séance du 20 mars 1933.

Picard. On tirera d'abord δ de la première des équations (1). Portant cette première approximation de δ dans les deux premières équations (2), on obtiendra une première approximation de p et de q. On aura alors une seconde approximation de δ, etc.

Je me suis placé à ce point de vue, pour l'étude de la détermination de la vitesse de rotation Ω du projectile.

M. de Sparre a donné un critère à ce sujet en 1904. Plus tard M. Esclangon a trouvé la base véritable de la discussion, par laquelle on obtient ce critère. Néanmoins, mon exposé de cette question est différent de celui de M. Esclangon, parce que je me place dans des conditions un peu différentes.

Ayant obtenu un critère voisin de celui de M. Esclangon, j'ai fait la discussion, à l'origine de la trajectoire, en me servant des équations (1) et (2), et j'ai obtenu la conclusion ci-dessous :

Je définis la *perturbation initiale* du projectile, par les valeurs initiales p_0, q_0, r_0, pour $t=0$. Avec un tube sans usure, et un obus bien contrôlé, on aura : $\delta_0=q_0=0$, mais p_0 et r_0 ne sont pas nécessairement nuls. M. de Sparre ne s'est pas occupé de la perturbation initiale, et j'ai établi que son critère repose sur l'hypothèse suivante : $p_0=q_0=r_0=0$.

Un coefficient numérique, qui figure dans le critère de M. de Sparre, et dont la détermination est, d'ailleurs, un peu intuitive, doit être pris plus grand, s'il existe une perturbation initiale non nulle. Une très petite perturbation initiale peut entraîner un accroissement assez notable de ce coefficient numérique.

MÉCANIQUE QUANTIQUE. — *La Mécanique quantique et la théorie des groupes finis et continus de Sophus Lie*. Note de M. **Jean Mariani**, présentée par M. Marcel Brillouin.

Les relations symboliques de Schrödinger

$$p_i = \frac{h}{2\pi i}\frac{\partial}{\partial x_i} = \frac{h}{2\pi i}X_i, \tag{1}$$

$$E = -\frac{h}{2\pi i}\frac{\partial}{\partial t} = -\frac{h}{2\pi i}X_4 \qquad (i=1, 2, 3) \tag{2}$$

montrent que la théorie des groupes finis et continus de Sophus Lie doit jouer en Mécanique quantique un rôle beaucoup plus important que celui qui lui est assigné d'ordinaire; en effet, les X_i et X_4 représentent les trans-

formations infinitésimales du groupe des translations quadridimensionnelles.

Nous allons mettre en évidence l'importance fondamentale de cette théorie dans le cas particulier de l'absence de champ; le procédé se généralise d'ailleurs facilement; l'hamiltonien est dans ce cas :

$$\text{(3)}\qquad H=\frac{1}{2m_0}\sum_{xyz}\left(\frac{\partial S}{\partial x_i}\right)^2=\frac{1}{2m_0}(p_x^2+p_y^2+p_z^2)=E,$$

l'équation de Schrödinger s'obtient en posant

$$\text{(4)}\qquad -\frac{h^2}{8\pi^2 m_0}\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2}+\frac{\partial^2}{\partial y^2}+\frac{\partial^2}{\partial z^2}\right)=E=-\frac{h^2}{8\pi^2 m_0}\Delta$$

et en appliquant l'opérateur (4) à la fonction

$$\text{(5)}\qquad \psi=e^{\frac{2\pi i}{h}S}=e^{\frac{2\pi i}{h}\left(\sum_1^3 x_i p_i - tE\right)},$$

où l'on a posé $x_i^0=0$.

Considérons maintenant l'opérateur

$$\text{(6)}\qquad T=e^{\frac{2\pi i}{h}\left(x_i\frac{h}{2\pi i}\frac{\partial}{\partial x_i}+t\frac{h^2}{8\pi^2 m_0}\Delta\right)},$$

qui est formé en remplaçant dans (5) les p_i et E par leurs valeurs respectives tirées de (1) et de (4); comme $\partial/\partial t$ n'opère pas sur $E=\text{const.}$ (1), T satisfait à l'équation symbolique

$$\text{(7)}\qquad \frac{h}{2\pi i}\frac{\partial T}{\partial t}+\frac{h^2}{8\pi^2 m_0}\Delta T=0 \qquad \text{ou} \qquad (H-E)T=0,$$

c'est-à-dire à l'équation de Schrödinger; T peut donc être identifié avec ψ; la fonction de Schrödinger s'écrit donc

$$\text{(8)}\qquad T=e^{\frac{2\pi i}{h}\left(\frac{h}{2\pi i}x_i\frac{\partial}{\partial x_i}-\frac{h}{2\pi i}t\frac{t}{\partial t}\right)}=e^{\sum_1^3 x_i X_i - tX_4}=e^{X} \quad (2),$$

avec

$$X=\sum_1^3 x_i X_i - tX_4.$$

(1) Plus généralement, on suppose que les $\partial/\partial x_i$ et Δ se comportent comme des constantes vis-à-vis de la dérivation par rapport à t.

(2) On ne peut donc plus permuter dans l'expression de ψ les x_i et les p_i ainsi que E et t.

Considérons maintenant un groupe ponctuel de transformations de Sophus Lie G à r paramètres essentiels canoniques $a_1, a_2, \ldots, a_r$ dont la transformation générale est

$$x'_i = f_i(x_1, \ldots, x_n; a_1, \ldots, a_r) \qquad (i = 1, 2, \ldots, n). \tag{9}$$

On a alors

$$x'_i = x_i + \frac{1}{1!}\sum_1^r a_k X_k x_i + \frac{1}{2!}\sum_{ks} a_k a_s X_k X_s x_i + \ldots, \tag{10}$$

c'est-à-dire

$$x'_i = e^{\sum_1^r a_k X_k} x_i \tag{11}$$

d'où

$$T = e^{\sum_1^r a_k X_k}. \tag{12}$$

Si G est le groupe général des translations de l'espace-temps E_4, on a

$$X_i = \frac{\partial}{\partial x_i}(i = 1, 2, 3), \qquad X_4 = -\frac{\partial}{\partial t}, \qquad a_k = x_k \qquad (r = 4);$$

d'où

$$T = e^{\sum_1^3 x_i - t X_4}. \tag{13}$$

On voit que (13) et (8) sont identiques, d'où il résulte que, en Mécanique quantique non relativiste, en l'absence de champ, la fonction ψ de Schrödinger peut être interprétée comme représentant symboliquement la transformation générale T du groupe des translations quadridimensionnelles; l'équation de Schrödinger s'écrit :

$$T^{-1} X^4 T = E, \tag{14}$$

elle définit une opération L qui fait passer de X_4 à la transformée E de X_4 par T; ces opérations sont des automorphies du groupe G (1); elles forment le groupe adjoint de S. Lie; le problème quantique revient alors à chercher les transformations infinitésimales qui se changent en elles-mêmes par l'opération L, ce qui est un problème bien connu de la théorie des groupes de Lie.

---

(1) E. Cartan, *La théorie des groupes finis et continus et l'Analysis situs*, p. 20.

ASTRONOMIE. — *Condensations sphériques dans l'univers en expansion.*
Note de M. G. LEMAÎTRE, présentée par M. Ch. Fabry.

Nous nous proposons d'étendre les équations de l'expansion de l'univers au cas d'un univers non homogène présentant pourtant la symétrie sphérique. Désignant par χ, θ, φ des coordonnées attachées à la matière et par t le temps propre, nous considérons le champ défini par

$$ds^2 = -\left(\frac{\partial r}{\partial \chi}\right)^2 \frac{d\chi^2}{\cos^2\chi} - r^2(d\theta^2 + \sin^2\theta\, d\varphi^2) + c^2\, dt^2, \tag{1}$$

où r est une fonction de χ et de t. Calculant le tenseur matériel par la formule d'Einstein (K constante de gravitation)

$$\frac{8\pi K}{c^2} T_\mu^\nu = -R_\mu^\nu + \frac{1}{2} g_\mu^\nu R - \lambda g_\mu^\nu, \tag{2}$$

nous vérifions tout d'abord que la densité de quantité de mouvement T_4^1 est nulle, ce qui montre que la matière est bien en repos par rapport au mollusque des coordonnées. Écrivant ensuite

$$p = -c^2 T_1^1, \qquad \tau = -c^2 T_2^2 = -c^2 T_3^3, \qquad \rho = T_4^4, \tag{3}$$

où p et τ sont les pressions radiales et transversales et ρ la densité de matière, et définissant une fonction m de t et χ par l'équation

$$\frac{2K}{c^2} m = \frac{r}{c^2}\left(\frac{\partial r}{\partial t}\right)^2 + r\sin^2\chi - \frac{\lambda}{3} r^3, \tag{4}$$

nous obtenons

$$4\pi\rho r^2 \frac{\partial r}{\partial \chi} = \frac{\partial m}{\partial \chi}, \tag{5}$$

$$4\pi p r^2 \frac{\partial r}{\partial t} = -c^2 \frac{\partial m}{\partial t}, \tag{6}$$

$$(\tau - p)\frac{\partial r}{\partial \chi} = \frac{r}{2}\frac{\partial p}{\partial \chi}. \tag{7}$$

Ces équations sont susceptibles de l'interprétation suivante : r peut être considéré comme la distance à l'origine à l'instant t de la portion de matière caractérisée par la coordonnée χ.

L'équation (4), que nous pouvons écrire

$$\left(\frac{\partial r}{\partial t}\right)^2 = -c^2\sin^2\chi + \frac{2Km}{r} + \frac{\lambda c^2}{3} r^2, \tag{8}$$

est alors l'équation du mouvement de la matière, sous l'action de la force de gravitation $-Km/r^2$ et de la répulsion cosmique $\lambda c^2 r/3$. L'équation (5) montre que m est la masse intérieure à la sphère où se trouve le point χ, masse calculée sans tenir compte de la courbure de l'espace. La masse réelle M est égale à

$$\text{(9)} \qquad M(\chi, t) = \int_0^\chi \frac{1}{\cos\chi} \frac{\partial m}{\partial \chi} \partial\chi,$$

et la masse de l'univers (simplement elliptique) est $M(\pi/2, t)$. L'équation (6) montre que l'énergie mc^2 varie avec le temps par suite du travail de la pression radiale. L'équation (7) montre que les tensions ne sont isotropes que lorsque p ne dépend pas de χ et permet de calculer le degré d'anisotropie.

Enfin l'équation (1) montre que si nous interprétons r comme la distance à l'origine, les dimensions normales au rayon vecteur sont représentées en vraie grandeur, mais que les dimensions radiales sont représentées à une échelle égale à $\cos\chi$. L'équation (8) montre la relation qui existe entre cette échelle des dimensions radiales et la constante d'énergie

$$-\frac{c^2}{2}\sin^2\chi$$

qui figure dans l'équation du mouvement.

Lorsque la fonction r est telle que

$$\text{(10)} \qquad r = R(t)\sin\chi,$$

on retrouve les équations de l'univers homogène de rayon variable ; si de plus m n'est fonction que de χ et est alors proportionnel à $\sin^3\chi$, on retrouve l'univers de masse constante de Friedmann.

Ces résultats peuvent s'étendre immédiatement à l'expansion d'un espace euclidien ou hyperbolique, en considérant χ comme infiniment petit ou imaginaire.

Lorsque m est fonction de χ seulement, p et τ sont nuls. C'est ce qui arrive dans les applications astronomiques où l'énergie cinétique des étoiles ou des nébuleuses est négligeable vis-à-vis de leur énergie massique.

Sauf pour l'étude de l'instabilité de l'univers statique où l'énergie cinétique devient le facteur décisif (cf. *Monthly Notices of the royal astronomical Society*, 91, 1931, p. 490).

Les calculs de tenseurs qui ont amené aux résultats exposés ci-dessus ont été faits en collaboration avec M. Joseph Wouters.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur des oscillations entretenues.* Note de M. **E. Hochard**, présentée par M. Villard.

Aux bornes d'une cellule photo-électrique, montée en série avec une batterie de tension et une grande résistance R, on dispose un condensateur C. Lorsqu'on éclaire la cellule, l'établissement du régime permanent n'est pas instantané : le condensateur C se décharge partiellement par l'intermédiaire de la cellule, le courant de décharge i passe brusquement de o à i_0 puis décroît progressivement; au contraire le courant du circuit principal I s'établit progressivement, passant de la valeur o à la valeur I_0 égale au courant photo-électrique en l'absence de C. Un phénomène analogue se produit si l'on cesse d'éclairer la cellule. La durée du régime variable dépend de C et de R. Dans ces conditions, si le flux lumineux qui tombe sur la cellule est convenablement commandé par les variations de I ou de i, on peut produire une série de charges et de décharges du condensateur et entretenir des oscillations. Un procédé simple consiste à placer dans le circuit un galvanomètre, dont le spot agit sur la cellule de façon que le flux reçu diminue lorsque le courant dans le galvanomètre augmente.

J'ai réalisé l'entretien des oscillations avec deux galvanomètres : le premier a une période de 2/10e de seconde et son amortissement peut être réglé par un shunt; le second est, par construction, à l'amortissement critique, sa période est de quelques secondes. Le spot est constitué par l'image d'une fente large, la cellule est recouverte d'une fenêtre rectangulaire.

Premier cas : le galvanomètre est en série avec le condensateur. — On obtient très facilement des oscillations dont la période peut varier dans de grandes limites (de 1/10e de seconde a quelques minutes). La période est fonction de C et de R, de l'éclairement du spot, de la forme du spot et de la fenêtre. En enregistrant les déviations du galvanomètre on obtient des courbes de formes très variées; on peut reproduire en particulier les différents types de courbes décrits par Van der Pol [1]. On passe de la forme quasi sinusoïdale à la forme caractéristique des oscillations de relaxation en augmentant l'éclairement du spot.

Deuxième cas : le galvanomètre est dans le circuit principal. — Les oscillations peuvent prendre de très grandes amplitudes, mais la période reste toujours voisine de la période propre du galvanomètre, même pour de

(1) Van der Pol, *L'Onde électrique*, 9, 1930, p. 297.

grandes variations de CR. Elles ont une forme voisine de la sinusoïde, sauf pour de grands éclairements. Elles sont particulièrement faciles à obtenir avec le galvanomètre de faible période peu amorti.

Troisième cas. — En intercalant en un point quelconque du circuit une résistance placée dans le circuit de grille d'une lampe triode, on peut amplifier les oscillations des différents courants; on peut obtenir ainsi des oscillations dont l'amplitude est de plusieurs milliampères. En particulier, si l'on transporte le galvanomètre dans le circuit-plaque de la lampe triode on peut encore entretenir des oscillations. Ce dispositif m'a permis d'entretenir les oscillations d'un oscillographe trop peu sensible pour être placé directement dans le circuit de la cellule.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la mesure des faibles flux lumineux au moyen de la cellule photo-électrique.* Note de M. E. **Gambetta**, présentée par M. A. Cotton.

La méthode d'accumulation des charges à l'électromètre convient tout particulièrement à la mesure des flux lumineux extrêmement faibles, continus ou très lentement variables. Au contraire, la nécessité de suivre en fonction du temps des courants photo-électriques d'intensité très faible mais susceptibles de variations relativement rapides conduit, en général, à amplifier ces courants en utilisant une résistance de couplage de l'ordre de 10 à 100 mégohms placée dans le circuit de la cellule et appliquée entre la grille et le filament de la lampe d'entrée de l'amplificateur. Or, dans cette voie, la sensibilité est limitée, car les caractéristiques du courant filament-grille et l'isolement de cette dernière électrode dans les lampes ordinaires rendent illusoire l'emploi de résistances plus élevées; en outre, lorsqu'on opère avec des flux lumineux de plus en plus petits, les mesures deviennent rapidement très difficiles car la sensibilité relative du montage diminue : le rapport de la variation absolue du potentiel de la grille d'entrée de l'amplificateur à la variation relative du flux lumineux décroît en effet avec ce flux.

Cette Note a pour but de montrer comment on peut augmenter considérablement la sensibilité relative d'un montage photo-électrique destiné à déceler de faibles variations d'un flux lumineux autour d'une valeur déterminée de celui-ci.

Le circuit photo-électrique expérimenté comprend en série : la batterie d'accumulateurs, la cellule, et une résistance réglable; cette résistance, susceptible de variations considérables, est constituée par un tube à vide

possédant deux électrodes très bien isolées et un filament. On relève d'une part le réseau des caractéristiques du tube, pour diverses valeurs du courant de chauffage, et, d'autre part, la courbe courant-tension de la cellule, pour le flux à contrôler. Un calcul simple montre que les meilleures conditions de fonctionnement du circuit photo-électrique sont remplies lorsque le rapport de la résistance apparente de la cellule à sa résistance différentielle est minimum, et lorsque le tube travaille dans une région saturée de sa caractéristique (¹). Ainsi se trouvent déterminés à la fois : le point de fonctionnement le plus favorable sur la caractéristique de la cellule (d'où par conséquent la tension correspondante), le chauffage du filament et la tension aux bornes du tube (d'où la tension totale de la batterie) (²).

Pour de petites variations du flux autour de la valeur correspondant au réglage, la variation relative de tension aux bornes du tube est sensiblement proportionnelle à la variation relative du flux tombant sur la cellule. La sensibilité relative, définie comme il a été dit plus haut, est ici indépendante du flux, et l'on peut surveiller avec la même sensibilité la constance de flux très différents si, pour chacun de ceux-ci, le circuit de la cellule est réglé ainsi qu'il vient d'être indiqué.

Un tel montage permet de réaliser très simplement un dispositif à lecture directe, en vue du contrôle d'un flux lumineux, mais il peut être utilisé aussi bien dans une méthode de zéro que dans une méthode de déviation. Naturellement, la tension aux bornes de la résistance élevée ne peut plus être transmise directement à l'amplificateur; elle doit l'être par l'intermédiaire d'une triode du type électromètre, à très fort isolement, fonctionnant avec une polarisation de grille et une tension-plaque telles que la fuite de grille soit réduite au minimum. Le circuit-plaque de cette lampe comprend enfin la résistance de liaison à la lampe d'entrée de l'amplificateur proprement dit; en fait, dans certains cas, cet amplificateur peut être réduit à un seul étage, la sensibilité relative du montage permettant cette simplification appréciable.

Les difficultés que l'on rencontre ici résident dans la construction des cir-

---

(¹) Si le tube fonctionne, au contraire, dans une région de sa caractéristique où sa résistance apparente obéit à la loi d'Ohm, on peut atteindre une sensibilité presque aussi grande, en lui donnant une résistance égale à la moyenne proportionnelle entre la résistance apparente et la résistance différentielle de la cellule en son point de fonctionnement.

(²) On vérifie le réglage en mesurant, au moyen d'un électromètre parfaitement isolé, les tensions aux bornes de la cellule et aux bornes du tube.

cuits intéressant la cellule, la résistance élevée, et la lampe électromètre, — dans le choix de la cellule, — et dans la réalisation de la grande résistance variable. Le conducteur, constitué par l'une des électrodes de la cellule, la grille de la lampe électromètre, et l'extrémité convenable de la résistance, doit être parfaitement isolé et protégé électriquement avec tout le soin que demandent habituellement les mesures électrométriques. La cellule doit avoir un seuil de flux perceptible aussi faible que possible, c'est-à-dire une résistance en obscurité et une sensibilité aussi élevées que possible (¹). Enfin la résistance élevée, variable par le chauffage du filament, doit être d'un réglage sensible et suffisamment stable.

Le dispositif décrit fait partie d'un montage destiné à des mesures photométriques : la cellule reçoit successivement le flux à mesurer et un flux réglable servant à sa mesure; le circuit-plaque de la dernière lampe de l'amplificateur comprend un transformateur de rapport convenable dont le secondaire alimente un galvanomètre balistique; chaque substitution d'un flux à l'autre, faite brusquement et périodiquement à la fréquence propre des oscillations du balistique, donne à cet appareil une élongation maximum différente de zéro tant que les deux flux n'ont pas même action photoélectrique sur la cellule. Cette résonance procure une amplification supplémentaire et la méthode permet d'éliminer bien des causes d'erreurs : la précision des déterminations ne dépend, en effet, ni des caractéristiques du dispositif électrique, ni de la stabilité de ces caractéristiques, et elle n'est pas affectée par les perturbations qui peuvent se produire au cours des mesures.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur la définition du champ magnétique.* Note de M. **Henri Abraham**, présentée par M. Villard.

On définit souvent la valeur du champ magnétique en un point comme numériquement égale à la force exercée sur un pôle magnétique égal à l'unité de pôle (²), placé en ce point.

(¹) Dans le cas où l'on opère avec des flux lumineux importants et une tension totale de la batterie supérieure à la tension d'illumination de la cellule, différentes précautions expérimentales sont nécessaires pour éviter la surcharge éventuelle de la cellule pouvant résulter d'une diminution du flux tombant sur elle, ou d'un abaissement de la résistance du tube.

(²) Nous employons ici les unités électromagnétiques. Lorsqu'on n'explicite pas l'unité de pôle magnétique, il est naturellement impossible de déterminer complète-

Avec cette définition, l'ensemble des forces exercées sur un aimant élémentaire dx, dy, dz se ramène à un couple, dont nous ne parlerons pas ici, et à une résultante qui, rapportée à l'unité de volume, a pour composante suivant l'axe des x suivant le mode de calcul dû à sir Joseph Thomson [1] :

$$X_1 = A\frac{\partial\alpha}{\partial x} + B\frac{\partial\alpha}{\partial y} + C\frac{\partial\alpha}{\partial z},$$

en désignant par A, B, C l'intensité d'aimantation et par α, β, γ le champ magnétique.

Lorsque l'élément de volume est traversé par un courant de densité u, v, w, il faut ajouter à cette force l'*action du champ magnétique* sur le courant

$$X_2 = v\gamma - w\beta.$$

Les calculs de Maxwell sont sensiblement différents.

Maxwell considère l'action sur le courant comme égale au produit du courant par l'*induction* et non par le champ. Par contre, il évalue autrement l'action sur l'aimantation du fer ou du milieu magnétique quel qu'il soit. Pour lui, la composante de cette force est

$$X_1 = A\frac{\partial\alpha}{\partial x} + B\frac{\partial\beta}{\partial x} + C\frac{\partial\gamma}{\partial x},$$

tandis que l'action sur le courant devient

$$X_2 = vc - wb,$$

en désignant par a, b, c l'*induction* au point xyz.

Dans la courte Note que nous avons citée, sir Joseph Thomson montre que *le résultat global* est le même pour les deux modes de calcul, quand on tient compte des relations fondamentales

$$a = \alpha + 4\pi A \quad \text{et} \quad 4\pi u = \frac{\partial\gamma}{\partial y} - \frac{\partial\beta}{\partial z}.$$

Nous voulons simplement montrer ici que les formules de sir Joseph Thomson sont d'un emploi plus intuitif, et risquent moins d'entraîner des erreurs dans les applications pratiques.

Prenons par exemple une barre de fer cylindrique à section circulaire,

---

ment la valeur du *champ* par des mesures mécaniques. L'examen des procédés expérimentaux de mesure du champ montre que, dans tous les cas, le résultat immédiat des mesures ne fournit ni le *champ*, ni l'induction, mais seulement la valeur de la densité d'énergie magnétique au point considéré.

(1) J. J. Thomson, *Philosophical Magazine*, 46, 1898, p. 156.

et plaçons-la dans un champ magnétique transversal uniforme dont l'intensité initiale, avant l'introduction du fer, était H_0. On sait que, dans ce cas, l'aimantation transversale du fer est pratiquement uniforme, le *champ* se réduisant à une valeur négligeable, et l'*induction* devenant sensiblement $2H_0$ dans le fer.

Dans ces conditions si la barre de fer est traversée par un courant I uniformément réparti, le *champ* dans le fer à la distance r de l'axe se réduit presque exactement au champ de ce courant, c'est-à-dire à $2Ir/R^2$, en désignant par R le rayon du cylindre de fer. L'examen de la distribution du champ et de l'aimantation, fait immédiatement penser que le fer doit être poussé, en raison de son aimantation *vers la gauche* de l'observateur d'Ampère, regardant dans le sens du champ. C'est en effet ce que donnent les formules de sir Joseph Thomson. Un calcul extrêmement facile conduit, d'après ces formules, à une action sur le fer aimanté égale à H_0I par unité de longueur de la barre. L'action du champ sur le courant est, du reste, négligeable, puisque ce champ est à peu près nul, et la force totale est H_0I.

Les formules de Maxwell [1], au contraire, indiquent une action de *l'induction* sur le courant égale à $2H_0I$. On ne retrouve ensuite le résultat correct qu'en raison de ce que l'évaluation de la force sur le fer, due à son aimantation, se trouve encore, d'après les formules de Maxwell, égale à H_0I, mais *dirigée en sens inverse* de ce que l'on pouvait penser d'abord.

Malgré l'équivalence des résultats globaux, les premières formules méritent sans doute d'être préférées dans les applications pratiques.

MAGNÉTISME. — *Sur les propriétés magnétiques de l'ozone liquide.* Note de M. **P. Lainé**, présentée par M. A. Cotton.

L'étude des propriétés magnétiques de l'ozone a déjà fait l'objet de plusieurs travaux [2], mais les résultats publiés sont tout à fait discordants En effet, d'après H. Becquerel et Schumeister, l'ozone serait beaucoup

---

[1] Maxwell, *Traité d'Électricité et de magnétisme*, 2, paragraphes 639 et 640. La traduction française contient des fautes d'impression dans les calculs, mais la formule finale est correcte.

[2] M. Becquerel, *Comptes rendus*, 92, 1881, p. 348; Schumeister, *Sitz. Akad. Wiss. Wien.*, 89, 1881. p. 45; A. Piccard et O. Bonazzi, *Arch. des Sc. Phys. et Nat. Genève*, 1916, p. 328; Wolf, *Proc. Nation. Acad. Sc.*, 13, 1927, p. 744; Vaidyanathan, *Ind. Journn. of physics.*, 2, 1928, p. 421.

plus paramagnétique que l'oxygène, tandis que, d'après Wulf et Vaidyanathan, il serait probablement diamagnétique.

Tous les travaux indiqués ci-dessus ont été effectués à la température ordinaire avec de l'oxygène ozoné dont la teneur en ozone était en général inférieure à 10 pour 100.

J'ai pensé qu'il serait intéressant d'étudier l'*ozone liquide* qui peut s'obtenir très pur et dont la vitesse de décomposition à la température de l'air liquide est pratiquement nulle. Le grand électro-aimant de l'Académie des Sciences me permettait en effet d'obtenir les champs intenses et étendus nécessaires pour entreprendre ce travail.

J'ai préparé l'ozone soit par l'action des effluves électriques sur l'oxygène dans des ozoneurs de Berthelot en pyrex, soit par électrolyse de l'acide sulfurique dilué avec une haute densité de courant à l'anode. Dans mon dernier travail j'ai combiné ces deux procédés en envoyant dans les ozoneurs l'oxygène ozoné produit par électrolyse. L'ozone était liquéfié dans une ampoule plongée dans l'oxygène liquide; je le purifiais en faisant le vide au-dessus de lui tout en l'agitant légèrement à l'aide d'un dispositif mécanique.

La méthode de mesures magnétiques que j'ai adoptée est la méthode de dénivellation.

Dans une première série de mesures, je l'ai appliquée sous sa forme la plus simple en distillant de l'ozone dans la partie inférieure d'un tube ayant la forme d'un cadre rectangulaire. Ce tube était refroidi par de l'azote liquide contenu dans une enceinte en laiton à double paroi. L'une des branches était au centre de l'entrefer, l'autre, à environ 30^{cm} de distance, dans un champ beaucoup plus faible.

Les mesures que j'ai faites à la température de l'azote liquide avec ce dispositif m'ont toutes donné une très faible dénivellation dans le sens du paramagnétisme et m'ont montré qu'il est impossible de déduire de la seule mesure de cette dénivellation le signe de la susceptibilité de l'ozone, si l'on n'arrive pas à évaluer des proportions d'oxygène de l'ordre de $1/1000^e$ dans l'ozone.

Aucun des procédés classiques de dosage n'étant susceptible de donner une telle précision, j'ai pensé à utiliser une méthode physique d'analyse fondée sur l'étude des variations de la dénivellation avec la température.

Faisons l'hypothèse que nous avons en présence de l'ozone une petite quantité d'oxygène et que cet oxygène garde les propriétés qu'il a en présence d'un gaz diamagnétique tel que l'azote. [Perrier et Kamerlingh

Onnes (¹) ont montré que l'oxygène très dilué dans l'azote liquide suit la loi de Curie.] Si l'on fait varier la température entre celle de l'azote et celle de l'oxygène liquide, le paramagnétisme de l'oxygène doit diminuer d'un peu plus de 1/7ᵉ. Avec le champ dont je disposais dans mes premières expériences, la dénivellation attribuable à 1/1000ᵉ d'oxygène était de $0^{mm},5$. Le 1/7ᵉ de cette dénivellation étant parfaitement mesurable, la méthode de dosage envisagée devait me donner une précision suffisante.

L'enceinte en laiton primitivement construite ne se prêtait pas à l'utilisation de l'oxygène liquide comme réfrigérant, car ce liquide aurait été fortement attiré vers le centre de l'entrefer et la branche du tube, placée dans un champ faible, aurait cessé d'être refroidie. J'ai donc modifié mon appareil afin de pouvoir effectuer, sur le même produit, une mesure à la température de l'azote liquide et une autre à la température de l'oxygène liquide. J'ai profité de cette occasion pour rétrécir la partie de l'appareil placée dans l'entrefer et augmenter ainsi le champ utilisable.

Avec de l'ozone prélevé au milieu de la distillation de 6 à 7^{cm^3} de liquide soigneusement purifié, l'un des ménisques étant dans un champ de 44500 gauss et l'autre dans un champ de 14400 gauss environ, j'ai obtenu, à la température de 80°, 5 K (fournie par de l'azote liquide renfermant un peu d'oxygène), une dénivellation, dans le sens du paramagnétisme, de $1^{mm},82$. *Je n'ai pu déceler aucune variation de cette dénivellation lorsque j'ai repris la mesure à la température de* 88°, 5 K (fournie par de l'oxygène liquide renfermant un peu d'azote).

Les mesures de dénivellation étant exactes à 3/100ᵉ de millimètre près, on peut affirmer que lorsque la température absolue change ainsi de près du dixième de sa valeur, la susceptibilité ne change pas de 1/30ᵉ de sa valeur primitive.

Si l'on admettait l'hypothèse faite plus haut au sujet des mélanges d'oxygène et d'ozone, *on pourrait conclure dès à présent que* la dénivellation due à l'oxygène est inférieure à 6/10ᵉ de millimètre et que *l'ozone est paramagnétique avec une susceptibilité indépendante de la température.*

Je ne l'affirmerai pas dès aujourd'hui et je ne donnerai pas de valeur numérique pour la susceptibilité de l'ozone parce que j'ai des doutes sur la validité de la loi des mélanges dans le cas de l'ozone et de l'oxygène liquides. (Je compte étudier bientôt, pour éclaircir ce point, des mélanges plus riches en oxygène.)

(¹) PERRIER et KAMERLINGH ONNES, *Comm. Leiden*, n° 139, 1914.

Le paramagnétisme constant de l'ozone, qui est dès à présent très vraisemblable, me paraît d'ailleurs pouvoir se concilier au point de vue théorique avec l'une ou l'autre des formules : O(—O—)O [triangle O/O—O] et $O = O = O$ attribuées à l'ozone par les chimistes.

RADIOGONIOMÉTRIE. — *Sur la précision atteinte au cadre goniométrique et sur la commodité de la* droite-radio. Note de M. **Ch. Bertin**, présentée par M. J.-B. Charcot.

Je préconise, comme lieu géométrique d'une nef qui relève à son cadre goniométrique un poste côtier de coordonnées connues, la *droite-radio* qui passe à une distance, du point estimé de la nef, fournie par le vecteur $\Delta Z \operatorname{tang} M$, dans lequel M est la distance de la nef au poste, et ΔZ l'écart entre le relèvement Z_o observé à bord et le même relèvement Z_c calculé pour l'estime.

La *droite-radio* est elle-même inclinée, sur le méridien, de l'angle : $Z \pm g \sin \varphi_m$, g étant l'écart en longitude et φ_m la latitude moyenne. Cet angle est d'ailleurs celui auquel le poste relèverait lui-même la nef.

Sur un total de 58 observations effectuées en plein Atlantique, tant sur des postes américains qu'européens, à bord du paquebot *Sinaïa* (M. Christ), 8 d'entre elles ont fourni des vecteurs moindres que 3 ou 5 milles, alors que les distances s'échelonnaient jusqu'à 800 et 1200 milles (Sayville, Marion, Marseille, Land's End...).

Cet emploi est donc appelé à fournir aux nefs aériennes une très belle précision rapide.

OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE. — *Sur les aberrations de coma des faisceaux de grande inclinaison*. Note [1] de M. **F. Croze**, présentée par M. A. Cotton.

Quand un faisceau, dont le rayon moyen tombe sur un dioptre sous une incidence finie, a une ouverture finie, les focales du faisceau réfracté présentent des aberrations dites *aberrations de coma*. Dans le cas important où

[1] Séance du 20 mars 1933.

le plan d'incidence du rayon moyen est un plan de symétrie pour le faisceau incident et pour le dioptre, ces aberrations dépendent de *deux* coefficients. La méthode suivante permet de les déterminer rapidement.

Le faisceau incident pouvant être déjà astigmatique, soient T et S les centres respectifs de ses focales tangentielle et sagittale, $t = \mathrm{IT}$ et $s = \mathrm{IS}$ leurs distances au point d'incidence I du rayon moyen, comptées positivement dans le sens de propagation de la lumière incidente. Soient d'autre part T′ et S′ les centres des focales tangentielle et sagittale du faisceau réfracté, $t' = \mathrm{IT}'$ et $s' = \mathrm{IS}'$ leurs distances frontales. Si n et n' sont les indices des milieux séparés par le dioptre, R_1 et R_2 les rayons de courbure principaux de ce dioptre au point I, i et i' les angles d'incidence et de réfraction du rayon moyen, les distances frontales t' et s' sont données par les formules

$$Q_t = n\cos i\left(\frac{1}{R_1} - \frac{\cos i}{t}\right) = n'\cos i'\left(\frac{1}{R_1} - \frac{\cos i'}{t'}\right),$$

$$Q_s = n\left(\frac{\cos i}{R_2} - \frac{1}{s}\right) = n'\left(\frac{\cos i'}{R_2} - \frac{1}{s'}\right).$$

Cela posé, considérons, dans le faisceau incident, un rayon qui passe par le point P de la focale tangentielle, à la distance $\tau = \mathrm{TP}$ de son centre, et tombe ensuite sur le dioptre en un certain point J. Si la réfraction n'introduisait aucune aberration, ce rayon couperait la focale tangentielle du faisceau réfracté en un point P′ à une certaine distance $\mathrm{TP}' = \tau'$ de son centre T′. Du point A, où le rayon PJ coupe celle des surfaces d'onde du faisceau incident qui passe par le point T, au point A′, où le rayon JP′ couperait celle des surfaces d'onde du faisceau réfracté qui passe par le point T′, la longueur optique du chemin AJA′ serait égale alors à celle du rayon TIT′. C'est en effet ce que l'on trouve quand on évalue, en tenant compte seulement des termes du premier et du deuxième ordre en IJ, la différence

$$\Delta = n(\mathrm{AJ} - \mathrm{TI}) + n'(\mathrm{JA}' - \mathrm{JT}') = n(\mathrm{AP} + \mathrm{PJ} - \mathrm{JI}) + n''(\mathrm{JP}' + \mathrm{P'A}' - \mathrm{IT}'),$$

entre ces longueurs optiques. Il n'en est plus de même, si l'on tient compte des termes de l'ordre de $(\mathrm{IJ})^3$.

Rapportons le faisceau et le dioptre à un système d'axes rectangulaires ayant pour origine le point I, pour axe $\mathrm{I}x$ la tangente en I à la section du dioptre par le plan d'incidence du rayon moyen, pour axe $\mathrm{I}y$ la perpendiculaire à ce plan menée par le point I, pour axe $\mathrm{I}z$ la normale d'incidence IN dirigée dans le sens de propagation de la lumière incidente. Si l'on s'en tient aux termes du troisième ordre, les coordonnées du point J seront x, y,

z, avec

$$z = \frac{x^2}{2R_1} + \frac{x^2}{2R_2} - \frac{dR_1}{dx}\frac{x^3}{6R_1^2} - \frac{dR_2}{dx}\frac{xy^2}{2R_2^2}.$$

Dans les mêmes conditions, les coordonnées du point P pourront s'écrire

$$\xi = a, \qquad \eta = \tau = \left(1 - \frac{t}{s}\right)y, \qquad \zeta = c,$$

si celles du point T sont $a = t \sin i$, $b = 0$, $c = t \cos i$. Le point A pourra d'ailleurs être confondu avec le point où le rayon PJ est coupé par un arc de cercle de centre S et de rayon ST :

$$AP = \frac{\tau^2}{2ST}, \qquad \text{d'où} \qquad n\,AP = -\frac{1}{2}\frac{n}{s}\left(1 - \frac{t}{s}\right)y^2.$$

La différence $PJ - TI = -(JP - t)$ s'obtiendra en développant par la formule du binome la racine carrée de

$$\overline{JP}^2 = (x - \xi)^2 + (y - \eta)^2 + (z - \zeta)^2.$$

En posant $n \sin i = n' \sin i' = I$, on aura ainsi

$$n(AJ - TI) = n\,AP + n\,(PI - TI) = I x \frac{1}{2} Q_t x^2 + \frac{1}{2} Q_s y^2 + \frac{1}{2}\left[I \frac{Q_t}{nt} + \frac{n \cos i}{3R_1^2}\frac{dR_1}{dx}\right]x^3$$
$$+ \frac{1}{2}\left\{\frac{I}{nt}\left[Q_s + \frac{n}{s}\left(1 - \frac{t}{s}\right)\right] + \frac{n \cos i}{R_2^2}\frac{dR_2}{dx}\right\}y^2 x.$$

La quantité $n(JA' - IA')$ s'évaluerait de la même façon et serait représentée par une expression identique à la précédente, sauf un changement de signe et le remplacement de n, i, s, t par n', i', s', t'. Les termes en x, x^2 et y^2 disparaîtront donc de la somme $\Delta = n(AJ - TI) + n'(JA' - IT')$, de sorte qu'il restera

$$\Delta = \frac{1}{2}(U x^3 + V x y^2)$$

avec

$$U = IQ_t\left(\frac{1}{nt} - \frac{1}{n't'}\right) + \frac{n \cos i - n' \cos i'}{R_1^2}\frac{dR_1}{dx},$$
$$V = I\left[Q_s\left(\frac{1}{nt} - \frac{1}{n't'}\right) + \frac{1}{s}\left(\frac{1}{t} - \frac{1}{s}\right) - \frac{1}{s'}\left(\frac{1}{t'} - \frac{1}{s'}\right)\right] + \frac{n \cos i - n' \cos i'}{R_2^2}\frac{dR_2}{dx}.$$

Les quantités U et V sont les coefficients d'aberration cherchés. Au point Q', de coordonnées $X' = x \cos i'$ et $Y' = y$ où le rayon réfracté en J coupe celle des surfaces d'onde du faisceau réfracté qui passe par le point I, il y aura en effet un écart Δ/n' entre cette surface d'onde et celle que l'on

aurait en l'absence des aberrations. Entre les directions de la droite JP et celle du rayon réfracté en J, il y aura donc un écart angulaire dont les composantes suivant les directions IX′ et IY′ seront respectivement

$$\delta\varpi_X = \frac{1}{n'}\frac{\partial\Delta}{\partial X'}, \qquad \delta\varpi_Y = \frac{1}{n'}\frac{\partial\Delta}{\partial Y'}.$$

Ce sont les *aberrations angulaires* du rayon. On en déduit immédiatement les aberrations de la focale tangentielle et de la focale sagittale.

Si le faisceau traverse successivement plusieurs dioptres admettant un plan de symétrie commun, on obtiendra les aberrations du faisceau émergent en faisant la somme Δ des aberrations des longueurs optiques Δ_1, Δ_2, ..., Δ_m introduites par les dioptres successifs du système.

SPECTROSCOPIE. — *L'absorption de la lumière par l'ozone entre* 3050 *et* 2150 Å. Note de MM. **Ny Tsi-Ze** et **Choong Shin-Piaw**, présentée par M. Ch. Fabry.

Ayant donné (¹) les coefficients d'absorption de l'ozone entre 3400 et 3050 Å, nous avons depuis continué les mesures dans toute l'étendue de la grande bande de Hartley dont l'étude quantitative a été faite successivement par E. Meyer (²), Krüger et Mœller (³), Fabry et Buisson (⁴) et, récemment, reprise par Läuchli (⁵). Toutes les mesures de ces divers auteurs ont été faites seulement pour un certain nombre de lignes (celles du mercure), et les points obtenus sur la courbe d'absorption ont été réunis par une courbe régulière. Or, on sait maintenant que les bandes compliquées de Huggins se prolongent à travers toute la bande de Hartley; la courbe spectrale d'absorption est, en réalité, légèrement dentelée, et peut s'écarter sensiblement de la courbe régulière qui avait été tracée.

L'emploi du spectre continu d'un tube à hydrogène comme source lumineuse, nous a permis de retrouver presque toutes les bandes déjà observées par Shaver (⁶), par Chalonge et Lambrey (⁷) et d'y ajouter de nombreux

(¹) Ny Tsi-Ze et Choong Shin-Piaw, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 309.
(²) *Ann. der Phys.*, 12, 1903, p. 849.
(³) *Phys. Zeit.*, 13, 1912, p. 729.
(⁴) *Journ. de Phys.*, 5ᵉ série, 3, 1913, p. 196.
(⁵) *Helv. Phys. Acta*, 1, 1928, p. 208; *Zeit. für Phys.*, 53, 1929, p. 92.
(⁶) *Proc. Roy. Soc. Canada*, 15, 1921, sect. III, p. 5.
(⁷) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1165.

accidents nouveaux. Nous avons employé des tubes d'absorption ayant comme longueur, en centimètres : 0,82, 1,62, 6,15 et 14,5, et fait varier l'épaisseur de l'ozone de 2mm à 70µ environ. Les résultats obtenus pour les coefficients d'absorption α sont contenus dans le tableau suivant :

λ.	α.	λ.	α.	λ.	α.
3053,5...	2,65	2973,0...	7,4	2892,4...	22,3
3052,6...	2,58	2972,0...	7,3	2892,0...	22,1
3047,3...	2,73	2967,2...	8,2	2888,6...	22,2
3046,6...	2,70	2965,0...	8,1	2887,6...	21,7
3044,3...	2,98	2959,0...	9,05	2885,0...	23,3
3043,6...	2,95	2958,3...	8,95	2884,5...	23,1
3038,3...	3,09	2957,0...	9,2	2883,4...	23,8
3037,5...	3,06	2956,3...	9,0	2882,8...	23,5
3026,2...	3,52	2946,1...	10,6	2870,4...	28,5
3025,4...	3,24	2945,0...	10,4	2869,4...	28,3
3024,6...	3,62	2941,0...	11,4	2867,6...	29,5
3023,7...	3,56	2940,2...	11,3	2866,0...	29,3
3020,8...	3,75	2938,8...	11,9	2864,3...	30,3
3020,0...	3,72	2938,2...	11,7	2863,7...	29,9
3019,4...	3,82	2936,5...	12,0	2859,2...	32,2
3018,8...	3,65	2935,8...	11,7	2858,3...	31,7
3018,2...	3,98	2929,4...	13,5	2854,2...	33,5
3017,6...	3,86	2928,8...	13,3	2853,7...	33,2
3016,0...	4,03	2927,2...	14,2	2847,8...	36,3
3015,3...	3,98	2926,4...	14,0	2846,5...	36,0
3008,6...	4,38	2924,4...	14,7	2844,7...	37,3
3008,0...	4,32	2923,6...	14,5	2843,3...	36,9
3004,3...	4,7	2920,0...	15,4	2833,3...	43,0
3003,8...	4,65	2919,0...	15,2	2830,5...	42,4
2999,3...	4,95	2913,8...	17,5	2827,3...	44,7
2996,3...	4,87	2913,3...	17,4	2826,3...	44,6
2995,3...	5,1	2911,2...	17,5	2822,6...	46,2
2994,6...	5,0	2910,8...	17,4	2821,7...	45,4
2992,8...	5,6	2907,2...	18,1	2819,0...	47,0
2992,3...	5,5	2906,0...	17,9	2817,8...	46,8
2990,0...	5,9	2905,6...	18,9	2813,8...	49,6
2989,5...	5,8	2905,0...	18,7	2813,2...	49,2
2987,0...	6,05	2902,3...	19,8	2808,8...	50,5
2986,3...	5,95	2901,7...	19,6	2808,0...	50,3
2980,9...	6,45	2899,4...	20,2	2798,8...	55
2980,3...	6,3	2898,7...	20,0	2797,8...	54,5
2978,0...	6,7	2894,4...	21,5	2794,4...	58
2977,4...	6,6	2893,8...	21,3	2793,0...	57,5

λ.	α.	λ.	α.	λ.	α.
2784,0...	60	2631,3...	126,5	2440,2...	123
2783,0...	59,5	2624,3...	134	2419,3...	109
2773,6...	66	2616,8...	132	2417,0...	110
2772,5...	65	2606,4...	139	2403,8...	97
2762,0...	69,5	2605,0...	137,5	2398,8...	99
2761,3...	69	2603,7...	138,5	2388,8...	88
2760,4...	70	2598,2...	134	2383,2...	89
2759,7...	69,5	2592,0...	140	2374,8...	83
2747,9...	75,5	2591,4...	139	2371,4...	84
2744,3...	75	2587,4...	144	2365,0...	79
2731,6...	81	2579,0...	140	2360,8...	80
2730,7...	80	2571,8...	142	2353,4...	74
2725,3...	85	2566,4...	140	2345,5...	75
2724,6...	84	2553,2...	145	2334,0...	69
2717,5...	90	2545,8...	141	2329,8...	70
2714,5...	89,5	2539,0...	143	2293,8...	55,5
2696,7...	102	2528,5...	140	2276,2...	48
2692,6...	100	2519,0...	143	2263,1...	44,3
2676,5...	112	2508,3...	138	2247,0...	38,6
2671,0...	110	2499,6...	138,5	2230,1...	33,3
2665,8...	115	2494,5...	137	2214,6...	28,6
2665,3...	114	2490,0...	138	2192,2...	23,3
2656,0...	120	2482,3...	133	2179,4...	20,2
2651,7...	119	2477,6...	134,5	2169,5...	18,4
2643,3...	125	2466,4...	129	2148,9...	14,5
2635,4...	123	2458,7...	130	2135,9...	12,3
2632,0...	127	2448,0...	122		

Au-dessous de 2329,8 Å, l'absorption décroît d'une façon continue ; nous avons mesuré les coefficients d'absorption pour quelques lignes de l'arc au cuivre.

POUVOIR ROTATOIRE. — *Sur un cas curieux de changement de signe du pouvoir rotatoire et de mutarotation.* Note de M. **Pariselle**, présentée par M. A. Cotton.

Dans un travail antérieur[1] relatif à l'étude polarimétrique de la neutralisation par la soude de mélanges en proportions variables d'acide tartrique

---

[1] *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 130.

et de sulfate d'aluminium, j'avais été amené à attribuer à *l'émétique aluminique* une formule renfermant un atome d'aluminium pour une molécule d'acide, résultat en contradiction avec celui de Baudran (1) qui, en dissolvant l'alumine hydratée dans l'acide tartrique, prétendait avoir obtenu un composé défini renfermant un atome de métal pour trois molécules d'acide. En reprenant cette dernière préparation, j'ai pu constater qu'une molécule $Al(OH)^3$ est en réalité solubilisée par une molécule d'acide; d'autre part, l'étude systématique de la neutralisation et du pouvoir rotatoire des solutions obtenues en traitant l'alumine précipitée par des quantités d'acide tartrique supérieures à une molécule, montre que ces solutions se comportent comme un mélange d'émétique d'aluminium et d'acide tartrique : les conclusions de mon précédent travail se trouvent donc confirmées.

L'émétique d'aluminium que j'ai ainsi préparé à l'état de pureté est une substance incristallisable, d'aspect vitreux, qui possède des propriétés optiques curieuses. Alors qu'en solution concentrée, il est *lévogyre*, il devient fortement *dextrogyre* en solution étendue. Il donne lieu, d'autre part, lors de la dilution de ses solutions, à des phénomènes de *mutarotation* très marqués. Enfin, le pouvoir rotatoire spécifique de ce corps varie également dans de très fortes proportions avec la température.

Les résultats suivants, extraits des mesures que j'ai effectuées, suffiront à donner une idée des phénomènes précédents. $[\alpha]_M$ désigne le *pouvoir rotatoire moléculaire apparent* de l'émétique aluminique en solution de *concentration moléculaire apparente c* (2), c'est-à-dire calculée en supposant que l'émétique n'existe que sous une forme unique monomère. Ce pouvoir rotatoire est mesuré pour la raie verte du mercure à la tempécature de 22°. J'indique en outre le rapport de dispersion Δ des différentes solutions pour les raies indigo et verte du mercure :

$c = 1,85$	$[\alpha]_M = -\ 13°$	$\Delta = 0,95$
$c = 1,3$	$[\alpha]_M = 0°$	$\Delta = \infty$
$c = 0,8$	$[\alpha]_M = +\ 16°,12$	$\Delta = 2,4$
$c = 0,4$	$[\alpha]_M = +\ 36°,3$	$\Delta = 1,99$
$c = 0,04$	$[\alpha]_M = +\ 105°$	$\Delta = 1,73$

Ces nombres correspondent aux solutions en équilibre. Si l'on ajoute de l'eau à la solution la plus concentrée ($c = 1,85$), de manière à amener sa concentration moléculaire à la valeur 0,5, on constate qu'il faut une heure environ pour obtenir le pouvoir

(1) *Annales de Chim. et Phys.*, 19, 1900, p. 565.

(2) *c* est évalué en molécules-grammes par litre et $[\alpha]_M$ correspond, conformément à la convention généralement adoptée, à une solution contenant 1 molécule-gramme dans 100^{cm^3}.

rotatoire limite $[\alpha]_{\mathrm{M}} = 30°$ et pour que la courbe donnant les pouvoirs rotatoires en fonction du temps prenne une forme exponentielle. Au cours de cette mutarotation, le rapport de dispersion varie de l'infini (la première rotation mesurée, pour le vert, étant de $0°$) jusqu'à sa valeur limite 2.

Enfin, lorsqu'on fait varier de 0 à $30°$ la température de la solution de concentration 0,5, son pouvoir rotatoire moléculaire apparent, pour le vert, varie à peu près linéairement de 12,5 à $35°$ tandis que le rapport de dispersion passe de 2,6 à 1,94.

Le diagramme de Darmois relatif aux diverses solutions prises à des températures variables, ou lors de leur mutarotation, étant formé de droites concourant au point de coordonnées : $\alpha = -18°$, $\Delta = 1{,}61$, on peut en conclure qu'il existe dans ces solutions deux variétés d'émétique aluminique, l'équilibre dépendant de la concentration et de la température. D'autre part, la forme de la courbe donnant le pouvoir rotatoire moléculaire en fonction de la concentration s'interprète bien en admettant que la variété lévogyre donne deux molécules de la variété dextrogyre, soit par suite d'un phénomène de dépolymérisation, soit par hydrolyse [1]. Cette hypothèse est confirmée par l'étude cryométrique des solutions, d'où il ressort que la masse moléculaire apparente diminue lorsque la dilution augmente; les résultats obtenus conduisent en outre à admettre que la variété dextrogyre a une masse moléculaire correspondant à deux atomes d'aluminium.

L'application simultanée de la loi de Biot et de la loi d'action de masse conduit, dans l'hypothèse précédente, à la formule

$$\frac{c(4[\alpha]-[\alpha_2])^2}{[\alpha_1]-2[\alpha]} = \mathrm{K},$$

avec

$$[\alpha_2] = -305°, \qquad [\alpha_1] = +258°, \qquad \mathrm{K} = 460.$$

Dans cette équation, qui n'est valable que pour les solutions étendues, $[\alpha_1]$ et $[\alpha_2]$ désignent respectivement les pouvoirs rotatoires moléculaires des composés dextrogyres et lévogyres. Pour les solutions concentrées, il y a lieu de faire intervenir la concentration en molécules d'eau; il apparaît alors au dénominateur le facteur $[1000d/192 - c]$, d désignant la densité de la solution. $[\alpha]$ tend vers $[\alpha_2]/4$ pour une concentration moléculaire apparente correspondant au composé lévogyre à l'état surfondu. Ces résultats militent en faveur d'une hydrolyse de ce dernier composé.

---

(1) La loi d'action de masse donne les mêmes résultats dans ces deux hypothèses, pour les solutions qui ne sont pas trop concentrées, car la concentration en molécules d'eau peut y être considérée comme constante.

ÉLECTROCHIMIE. — *L'adsorption des colloïdes par les surfaces métalliques et son influence sur l'adhérence des dépôts électrolytiques*. Note de M. P. Jacquet, présentée par M. G. Urbain.

On sait que les dépôts électrolytiques obtenus en présence de colloïdes n'adhèrent que très faiblement à la lame qui les supporte. J'ai pensé que cette propriété pouvait être due à l'existence d'une pellicule de colloïde à la surface du support, ce film produisant alors le même effet que les couches minces de substances grasses ([1]). Pour vérifier cette hypothèse, j'ai réalisé l'expérience qui suit : Une lame de cuivre électrolytique, soigneusement polie et dégraissée, est trempée pendant 30 secondes dans une solution colloïdale à une certaine concentration, *lavée longuement* à l'eau courante et à l'eau distillée. On la place ensuite comme cathode dans une solution de cuivrage renfermant par litre 125^g de sulfate de cuivre cristallisé et 50^g d'acide sulfurique. L'électrolyse dure 1 heure avec une intensité de 2 ampères par décimètre carré. On examine ensuite l'adhérence du dépôt de cuivre, soit simplement par pliage à angle droit, soit en déterminant la force de traction nécessaire pour séparer le dépôt de son support. Les résultats obtenus, en faisant varier la nature du colloïde et les conditions de l'expérience, sont les suivants :

1° Les colloïdes étudiés se divisent en deux groupes (Tableau I) :

a. Ceux qui agissent nettement sur l'adhérence du dépôt, ce sont les protéines et leurs produits de dégradation (peptones);

b. Ceux qui n'ont aucune action, ce sont les colloïdes hydroxylés tels que les gommes et la dextrine.

Il convient de remarquer que ce classement est très voisin de celui qui a été obtenu lors de l'étude des tensions des dépôts électrolytiques de cuivre en présence de ces mêmes colloïdes ([2]); j'ai montré en effet que les substances les plus actives sont la gélatine et la sérumalbumine, les gommes n'ayant qu'une action très faible et la dextrine n'en possédant aucune.

([1]) C. Marie et N. Thon, *Journ. Chimie physique*, 29, 1932, p. 569.

([2]) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 952.

TABLEAU I.

Colloïde.	Concentration minimum (¹).
Sérumalbumine	4
Peptone de caséine	15
Caséinate de soude	20
Gélatine	25
Ovalbumine	30
Peptone de fibrine	60
Gomme arabique	x (> 10 000)
Gomme adragante	x (> 10 000)
Dextrine	x (> 10 000)

2° Dans le cas des substances actives, l'adhérence du dépôt varie avec la concentration de la solution colloïdale : d'une part, il existe une concentration minimum au-dessous de laquelle on ne constate aucun effet (Tableau I), et d'autre part, à partir d'une certaine concentration, l'adhérence devient à peu près nulle. Le Tableau II montre comment varie l'adhérence en fonction de la concentration d'une solution de sérumalbumine (²); les poids indiqués correspondent aux poids nécessaires pour amorcer le détachage d'une bande de cuivre de 5mm de largeur.

TABLEAU II.

Concentration de la solution (en milligrammes par litre).	Poids en grammes.
7,5	1000-1200
15	400
30	350- 400
40	90
60	10- 20

3° La durée de trempage de la lame métallique n'intervient pratiquement pas; elle peut être réduite à une seconde pour une solution de sérumalbumine à 30mg par litre.

4° La couche de colloïde adhère très fortement à la lame. On ne la détruit

(¹) Concentration minimum (en milligrammes par litre) pour obtenir un dépôt non adhérent.

(²) Cette albumine a été préparée par M. Piettre à partir du sang de bœuf et au moyen de la méthode à l'acétone.

pas : *a*, lorsqu'on lave l'électrode à l'eau bouillante; *b*, lorsqu'on détache le dépôt électrolytique, puisqu'il est possible d'obtenir sur la même lame un nouveau dépôt non adhérent.

Il convient d'ajouter que l'aspect général du dépôt est modifié dans ces conditions. Cependant l'examen métallographique avec les grossissements habituels n'a pas permis jusqu'ici de constater une modification appréciable des grains du métal dans la couche qui est en contact avec le film de colloïde.

Ces résultats montrent que l'on peut étudier par une méthode électrochimique les phénomènes d'adsorption des colloïdes par les surfaces métalliques ([1]). Ils montrent en outre la possibilité de faire varier à volonté l'adhérence d'un dépôt, ce qui peut, au point de vue pratique, présenter un certain intérêt.

RADIOACTIVITÉ. — *Radioactivité d'un fractionnement néodyme-samarium. L'élément* 61. Note de MM. **Maurice Curie** et **S. Takvorian**, présentée par M. G. Urbain.

La radioactivité du samarium a été dernièrement annoncée par Hevesy et Pahl ([2]) qui suggèrent cependant que cette activité pourrait être due à la présence de l'élément 61. Libby et Latimer ([3]) ont confirmé la radioactivité du samarium et annoncé que le néodyme et le lanthane sont radioactifs, faisant cependant des réserves sur la possibilité de présence d'actinium dans le lanthane et le néodyme qu'ils ont employés.

Nous avons mesuré les activités de différents termes d'un fractionnement de néodyme (60) et de samarium (62) conduit par l'un de nous à l'instigation de M. G. Urbain et en employant ses méthodes de séparation.

Ce fractionnement effectué avait pour but de concentrer l'élément 61 dans les fractions intermédiaires entre le néodyme et le samarium; on est parti d'un lot de 5^{kg} d'oxydes de néodyme et de samarium contenant

([1]) Ces phénomènes semblent d'ailleurs n'avoir jamais été étudiés systématiquement. En dehors de la protection des sols métalliques par les colloïdes dits stables, on ne trouve dans la littérature que de brèves indications. En particulier Zsigmondy a indiqué dans son Ouvrage *Kolloidchemie*, Allgemeiner Teil, 1925, p. 230, qu'une lame d'or trempée dans une solution de gélatine retient une pellicule de colloïde qui empêche l'amalgamation du métal.

([2]) *Nature*, 130, 1932, p. 846.

([3]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 55, 1933, p. 433.

un peu de lanthane et de praséodyme; ce lot provenait d'un traitement de la monazite des Indes. Après plusieurs séries de fractionnements, on aboutit à un petit fractionnement d'une cinquantaine de grammes d'oxyde, dont les termes immédiatement compris entre Nd et Sm sont numérotés de 1 à 30. Les spectres d'émission et d'absorption de rayons X et les spectres d'arc n'ont pas permis de déceler la présence de l'élément 61 (1).

Mesures d'activité. — Les mesures d'activité ont été faites avec l'électromètre à haute sensibilité de Wulf (fil de quartz à tension réglable placé dans un champ réglable). La substance, à l'état d'oxalate, était répandue en couche d'environ 2^{mm} d'épaisseur, sur un disque de 8^{cm} de diamètre. La chambre avait 3^{cm} de hauteur. Le produit pouvait être recouvert de feuilles d'aluminium ou d'argent pour l'étude de la pénétration du rayonnement; il s'agit donc alors de l'absorption d'un rayonnement émis dans toutes les directions par une couche épaisse de substance. L'étalon était constitué par quelques microgrammes de radium placés dans un tube de verre à quelques centimètres de la chambre d'ionisation, dans une position bien fixée. Le mouvement propre de l'appareil était en moyenne les 3/100e du courant étalon.

		Activités		
	Produits.	sans écran.	écran aluminium 0,6 μ.	écran argent 6,3 μ.
	Lanthane pur (*)	0	0	0
	Néodyme pur (*)	0	0	0
Fractions intermédiaires	Néodyme (n° 1)	0,04	0,03	0
	Néodyme (n° 6)	1,50	1,32	0,32
	Néodyme-Samarium (n° 10)	1,59	1,40	0,34
	Samarium-Néodyme (n° 14)	1,06	0,77	0,20
	Samarium-Néodyme (n° 18)	0,61	0,49	0,08
	Samarium (n° 22)	0,32	0,23	0,02
	Samarium (n° 26)	0,19	0,13	0
	Samarium (n° 30)	0,20	0,11	0
	Samarium pur (*)	0,23	0,10	0

Ce tableau conduit aux remarques suivantes.

1° Le néodyme et le lanthane ne montrent pas de radioactivité avec la sensibilité du dispositif employé.

2° Le samarium émet un rayonnement très absorbable. Ce rayonnement ne paraît pas attribuable à l'élément 61.

(1) S. Takvorian, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1120 et 1372.

(*) Les produits marqués d'un astérisque proviennent des premières séries de fractionnements.

3° Par contre, avec les termes intermédiaires du fractionnement (6 à 22), où devrait se concentrer l'élément 61, on observe un rayonnement nettement plus pénétrant qui présente un maximum d'intensité pour les fractions avec lesquelles on doit s'attendre à un enrichissement en élément 61. Ce rayonnement ne s'observe plus avec les fractions extrêmes. Sa pénétration paraît trop grande pour pouvoir être attribuée à un rayonnement α.

Il semble normal de conclure de ces mesures, que nous avons caractérisé la présence d'un élément 61. Par des recherches de radioactivité déjà en cours, nous nous proposons de recouper ces résultats.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Systèmes cristallins des oxydes ferriques microcristallisés.* Note de MM. **A. Girard** et **G. Chaudron**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Les diagrammes de rayons X de poudres cristallines de sesquioxyde de fer permettent d'établir qu'il se présente sous deux variétés allotropiques qui appartiennent, l'une au système cubique, l'autre au système rhomboédrique.

En suivant certaines méthodes de préparation, en particulier lorsqu'on précipite rapidement cet oxyde, on obtient un produit d'aspect colloïdal qui ne donne pas de diagramme de poudre. Nous avons alors appliqué la méthode de dissociation dans le vide que nous avons décrite précédemment [1] et qui permet de déceler la variété cubique.

L'oxydation rapide à la température ordinaire de l'hydroxyde ferreux $Fe(OH)^2$, en présence d'un grand excès d'oxygène, conduit à un précipité d'aspect colloïdal. Si l'on opère en milieu basique, le produit obtenu est doué de propriétés ferromagnétiques plus ou moins intenses [2] ce qui a fait croire à l'existence d'une variété particulière d'oxyde ferrique. Il est possible, par l'analyse thermomagnétique, d'observer la dissociation dans le vide de cet oxyde (courbe 1, *fig.* 1). Nous avons aussi effectué cette dissociation à la température la plus favorable, vers 350°, et nous avons pu doser 36 pour 100 d'oxyde salin Fe^3O^4; la courbe 2 (*fig.* 1), confirme les résultats de cette analyse. Il est donc logique d'admettre que ce précipité est formé de très fines particules d'oxyde cubique.

---

(1) A. Girard et G. Chaudron, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 1418; **196**, 1933, p. 406.

(2) R. Chevallier, *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 674.

Au contraire, le précipité d'aspect colloïdal obtenu par oxydation brusque en milieu acide de l'hydroxyde ferreux n'est pas ferromagnétique et ne jouit pas de la propriété de se dissocier. On peut, du reste, observer sur les diagrammes de rayons X de certaines préparations quelques raies floues du système rhomboédrique.

On sait que la déshydratation de la lépidocrocite permet de préparer

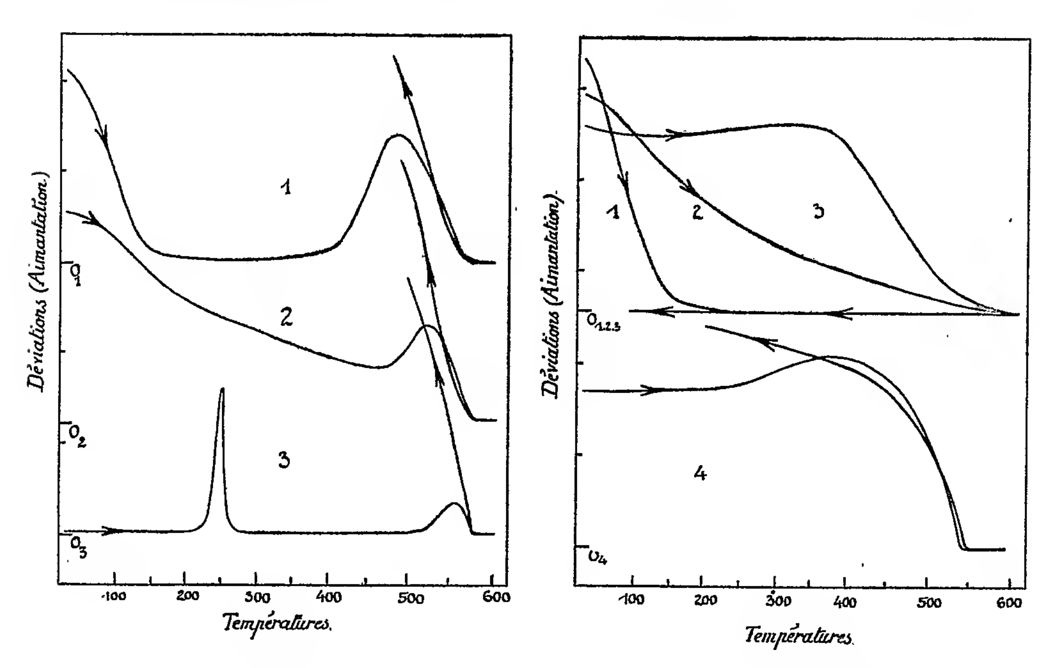


Fig. 1. — Chauffage dans le vide.

Fig. 2. — Chauffage à l'air.

l'oxyde cubique bien cristallisé (courbe 4, *fig.* 2). Toutefois, si cette opération est faite brutalement, on obtient les deux variétés d'oxyde à un état extrêmement divisé, et l'on ne peut affirmer la présence de la variété cubique que par la dissociation dans le vide (courbe 3, *fig.* 1).

Les ferrites de lithium et de potassium peuvent être hydrolysés à la température ordinaire et l'on obtient, dans ces conditions, un précipité microcristallin que l'on peut également classer, par l'essai de dissociation, dans la variété cubique ; ce fait est à rapprocher d'autres expériences sur la préparation d'oxyde cubique à partir de ferrites ([1]) et ([2]) ou de la lépidocrocite.

([1]) A. Girard et G. Chaudron, *Bull. Soc. chim.*, 51, 1932, p. 998.

([2]) H. Forestier et M. Galand, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 733.

Enfin, en oxydant, vers 100°, des précipités plus ou moins fins de magnétite hydratée, on peut obtenir l'oxyde cubique à différents degrés de finesse. On prépare ainsi des corps qui se rapprochent plus ou moins, au point de vue des propriétés magnétiques, de l'oxyde cubique préparé par voie sèche (courbes 1, 2, 3, *fig.* 2). Ces expériences confirment donc notre interprétation des expériences de dissociation; de plus elles montrent que pour ces corps, la loi de variation de l'aimantation en fonction de la température se modifie notablement avec la finesse cristalline. Nous nous proposons de préciser quantitativement cette observation.

TABLEAU.

Mode de préparation.	Raies du diagramme X.	Nos des courbes thermomagnétiques.
1. Oxydation rapide de $Fe(OH)^2$ ou de FeS en milieu alcalin par l'oxygène ou l'eau oxygénée.	Aucune raie du système cubique.	Courbe 1 (*fig.* 2) et courbe 2 (*fig.* 1).
2. Oxydation rapide de $Fe(OH)^2$ en milieu acide par H^2O^2.	Quelques raies floues du système rhomboédrique.	Courbe sans anomalie.
3. Oxydation vers 220° de Fe^3O^4 obtenu par réduction à 500°.	Raies très nettes du système cubique.	Courbe 3 (*fig.* 2).
4. Oxydation à l'ébullition par le persulfate d'ammonium de Fe^3O^4 précipité.	Raies floues du système cubique.	Courbe 2 (*fig.* 2).
5. Déshydratation de l'hydrate de van Bemmelen, oxyde très stable, chauffé préalablement vers 650°.	Raies très nettes du système cubique.	Courbe 4 (*fig.* 2).
6. Hydrolyse des ferrites de potassium et de lithium.	Raies du système cubique.	Courbes intermédiaires entre 1 et 3 de la figure 2.
7. Dissociation à 350° de l'oxyde n° 1 pendant une demi-heure dans un vide continu.	Raies des systèmes rhomboédrique et cubique.	Courbe 2 (*fig.* 1).
8. Déshydratation rapide de la lépidocrocite.	Aucune raie du système cubique.	Courbe 3 (*fig.* 1).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la résolution graphique des problèmes d'équilibres chimiques homogènes entre trois constituants.* Note de M. **P. Montagne**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Nous avons montré [1] qu'on pouvait utiliser la représentation triangulaire pour l'étude de la réaction de dissociation du gaz carbonique

$$2CO^2 \rightleftharpoons 2CO + O^2.$$

Nous avons très succinctement exposé les principes géométriques de cette représentation. Le but de la présente Note est de préciser les résultats que l'on peut en obtenir et de généraliser l'étude graphique d'un système homogène à trois constituants représenté par l'équation d'équilibre chimique

$$\alpha A \rightleftharpoons \beta B + \gamma C \qquad (\beta \geqq \gamma). \tag{1}$$

Si nous représentons la composition chimique moléculaire d'un mélange par un point M situé dans un triangle équilatéral (les distances du point M aux trois cotés BC, CA, AB, représentant les concentrations relatives $[a]$, $[b]$, $[c]$ de ce mélange en molécules A, B, C), le lieu des points représentant les états successifs de ce mélange obtenus par le jeu de la réaction (1) est une droite. Cette droite passe par un point fixe E, de coordonnées $(-\alpha/n, \beta/n, \gamma/n)$, et que nous avons appelé point caractéristique de la réaction (1). [Nous avons posé $n = \beta + \gamma - \alpha$, et appelé ce nombre, *en général* positif ou nul, contraction de l'équation chimique (1).] La droite ADE représente la dissociation du corps pur A; le point D intersection de cette droite et de BC divise le côté BC dans le rapport γ/β. Le point E est sur le prolongement de AD, à une distance de A égale à $(\beta + \gamma)/n$ fois AD.

Nous avons donné aux droites issues de E le nom d'isocrases [2], car leur portion intérieure au triangle ABC représente tous les états possibles d'un mélange soumis à la réaction chimique (1) sans addition de matière.

L'application de la loi d'action de masse à un mélange en équilibre, dont la composition est représentée par un point $M(x, y, z)$ intérieur au

---

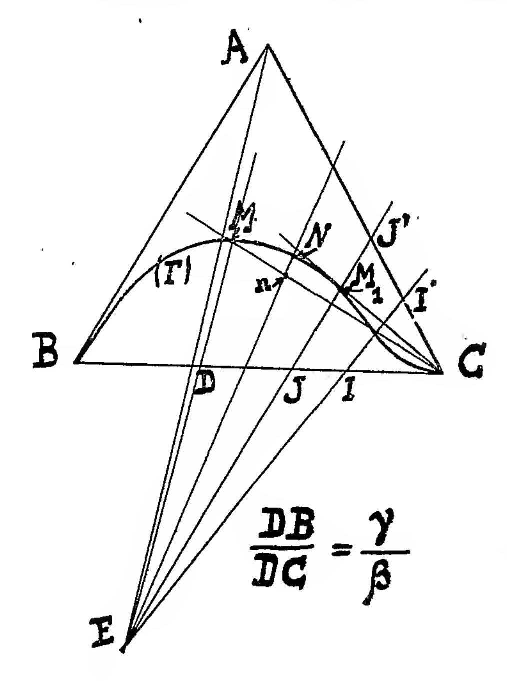
(1) P. Jolibois et P. Montagne, *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 1145.

(2) Droites isocrases = droites d'égal mélange (de ἴσος, égal, et de κρᾶσις, mélange).

triangle ABC, donne la relation

$$K_a = \frac{y^\beta z^\gamma}{x^\alpha}, \tag{2}$$

K_a est fonction de la composition chimique du système; cette fonction



dépend de la pression et de la température comme le montre l'équation

$$K_p = K_a P^n, \tag{3}$$

dans laquelle P est mesurée en atmosphères et où K_p représente la constante habituelle de la loi d'action de masse.

L'équation (2) définit une famille de courbes (Γ) inscrites dans le triangle ABC et passant toutes par les points B et C. Par tout point du triangle passe une seule courbe; il est facile de démontrer les points suivants :

1° La tangente aux courbes (Γ) en leur point d'intersection avec la droite AE est parallèle au côté BC; ces points d'intersection correspondent à des maxima de la concentration du corps A.

2° Les lieux des points de contact M_1 des tangentes issues des sommets B ou C, sont les parallèles aux côtés AC ou AB menées par le point caractéristique E.

3° Si ces parallèles coupent les côtés du triangle, les courbes sont tangentes au côté BC au voisinage des sommets B ou C. Elles présentent des inflexions; et les lieux des points d'inflexion des courbes (Γ) sont deux droites passant par le point caractéristique E. Les conditions pour que les courbes présentent des inflexions sont : $\beta > \alpha$ (inflexion du côté du sommet C), et $\gamma > \alpha$ (inflexion du côté du sommet B).

L'état d'équilibre atteint par un mélange hors d'équilibre, évoluant spontanément vers un état d'équilibre à la température T et sous la pression P, est représenté par l'intersection de l'isocrase relative à ce mélange et de la courbe de la famille (2), correspondant à cette température et à cette pression.

Si l'on écarte de son état d'équilibre un mélange représenté par le point M en lui ajoutant des molécules de l'un des trois constituants, C par exemple, sans changer ni sa température ni sa pression, de telle manière que l'isocrase nouvelle correspondant au mélange qui vient d'être réalisé soit nE, le point d'équilibre atteint finalement est N, intersection de la courbe passant par M et de la nouvelle isocrase nE; le segment nN représente la réaction spontanée du système.

En résumé, nous avons généralisé les résultats obtenus à propos de la dissociation du gaz carbonique; nous avons montré que la représentation graphique des équilibres homogènes à trois constituants permet de résoudre avec rapidité les problèmes pratiques relatifs aux dissociations, grâce à la considération du point caractéristique et des droites isocrases.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action des solutions d'acide orthophosphorique sur la cellulose ordinaire.* Note [1] de M. G. **Champetier**, présentée par M. G. Urbain.

L'action des solutions d'acide orthophosphorique sur la cellulose de linters de coton a été étudiée à l'aide d'une méthode dérivée de la méthode des restes de Schreinemakers, qui a déjà été utilisée dans plusieurs Notes antérieures [2].

Je me bornerai donc à rappeler que cette méthode consiste à caractériser une combinaison d'addition définie, mais non isolable des solutions salines

(1) Séance du 20 mars 1933.

(2) G. Champetier, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1593; 195, 1932, p. 280 et 499.

où elle prend naissance, par le point de concours de plusieurs droites, se rapportant chacune à une concentration donnée des solutions salines initiales, et représentant la variation de la composition d'une série de prélèvements, constitués par de la cellulose transformée en composé d'addition et imprégnés d'une quantité décroissante d'eaux mères.

Dans une première série d'expériences, j'ai déterminé le temps minimum nécessaire pour que la fixation de l'acide orthophosphorique par la cellulose soit complète, ceci afin d'éviter, par la suite, de prolonger inutilement le temps de contact de la cellulose et de la solution acide, ce qui pourrait accroître par trop l'hydrolyse.

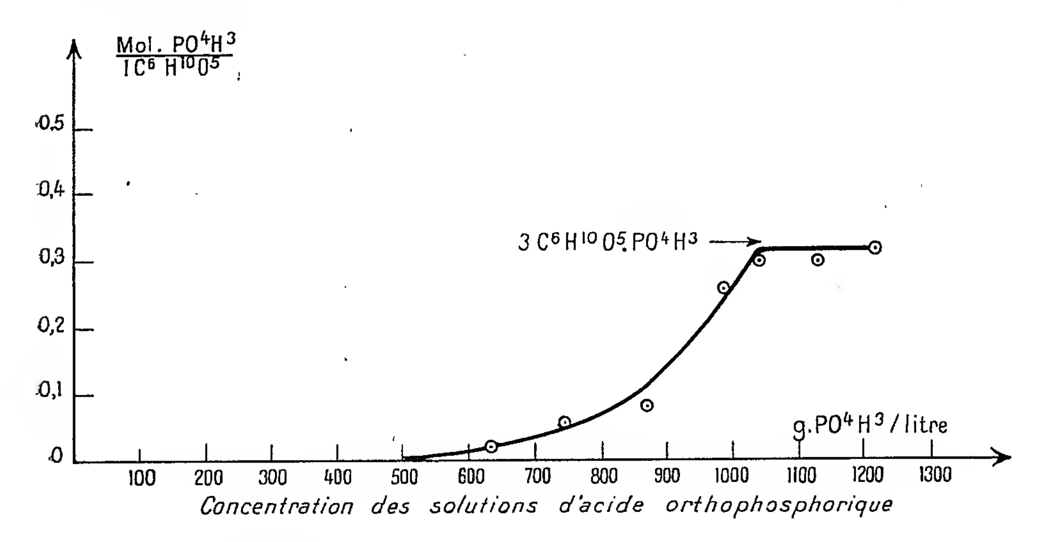
Il a été ainsi possible de constater que la fixation de l'acide orthophosphorique par la cellulose est complète au bout de 15 heures environ. Pour cette durée de contact, l'action d'une solution contenant 1300^g d'acide orthophosphorique par litre ne se traduit que par une augmentation de l'indice d'iode peu importante. L'indice d'iode des linters de coton utilisés s'élève de 1,85 à 2,90 ce qui ne correspond qu'à une variation négligeable de la composition centésimale de la cellulose régénérée, et permet, par suite, l'application de la méthode des restes.

On constate que, pour des solutions de concentrations supérieures à 1040^g d'acide orthophosphorique par litre, les droites de la « méthode des restes » concourent sur l'axe de coordonnées où sont portées les teneurs en acide phosphorique (rapportées à un poids constant de cellulose) des divers prélèvements. Ce résultat indique la formation d'une combinaison d'addition entre la cellulose et l'acide orthophosphorique. La composition de cette combinaison est fixée par les coordonnées du point de concours des droites. Le composé d'addition ne contient pas d'eau d'hydratation; il répond à la formule $3C^6H^{10}O^5.PO^4H^3$.

Pour les solutions de concentrations inférieures à 1040^g d'acide orthophosphorique par litre, l'extrapolation des droites, jusqu'à une teneur en eau nulle des prélèvements, n'est pas légitime avec certitude, puisqu'il peut y avoir de l'eau fixée sur la cellulose non transformée en dérivé d'addition phosphorique, ainsi que cela a été montré dans une Note précédente (*loc. cit.*). Cette extrapolation est cependant commode pour traduire l'ensemble des résultats expérimentaux, car la reproduction de l'ensemble des droites représentant les variations de composition des prélèvements n'est guère lisible, par suite de la différence considérable d'échelle de coordonnées des points représentatifs des divers prélèvements. L'extrapolation a d'ailleurs été effectuée par le calcul pour plus de sûreté.

Il suffira donc de souligner que, sur la courbe suivante, seule, la région du palier d'absorption constante correspond à la quantité d'acide ortho-

phosphorique réellement fixé par la cellulose pour former le composé d'addition. Par contre, la portion de courbe qui précède le palier peut ne correspondre qu'à une fixation d'acide orthophosphorique inférieure à la réalité, la méthode des restes ne pouvant, par sa nature même, apporter des renseignements certains que dans le domaine de concentration des solutions phosphoriques où les droites représentant la variation de composition des prélèvements sont concourantes.



L'étude des diagrammes de diffraction de rayons X de la cellulose de coton et de la cellulose de ramie imbibées de solutions d'acide orthophosphorique de diverses concentrations ne paraît montrer d'autre changement qu'un affaiblissement considérable des diagrammes. Ce résultat est à rapprocher de celui observé lors de la fixation de l'eau par la cellulose qui ne se traduit également par aucune modification notable dans la position des taches d'interférences des rœntgenogrammes ([1]). Ces particularités doivent être imputées aux grandes dimensions du réseau de la cellulose et au volume relativement restreint occupé par les groupes glucose, par rapport au volume total de la maille.

Ces résultats conduisent à penser que l'aspect des diagrammes de diffraction des dérivés d'addition de la cellulose doit, dans certains cas, dépendre plus des modifications de dimensions de la maille résultant de

---

([1]) J. R. Katz, *Physik. Zeit.*, 25, 1924, p. 659; J. R. Katz et H. Mark, *Zeit. Phys. Chem.*, 115, 1925, p. 385.

la nature de la solution saline qui a diffusé entre les chaînes cellulosiques, que de la fixation de quelques molécules de la solution par ces chaînes. Cette fixation, si elle s'effectue sur certains oxhydryles des groupes glucose peut, d'ailleurs, n'altérer en rien les équidistances fondamentales de la maille, et n'avoir qu'une répercussion faible sur l'intensité des taches des diagrammes.

Par lavages à l'eau, la combinaison d'addition de l'acide orthophosphorique et de la cellulose est détruite. La cellulose est régénérée sans avoir subi le phénomène de mercerisation.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage de l'acide sulfureux et des sulfites alcalins par le permanganate de potassium.* Note de MM. **E. Carrière** et **R. Liauté**, présentée par M. Matignon.

L'oxydation de l'acide sulfureux par le permanganate de potassium en milieu acide, a déjà été étudiée par divers auteurs; c'est ainsi que Th. Dymond et F. Hugues (¹) affirment qu'il se forme simultanément de l'acide dithionique et de l'acide sulfurique; Pinnov (²) et W. S. Hendrixson (³) sont parvenus à cette même conclusion.

Nous nous sommes proposé de rechercher à quelles conditions, le dosage de l'acide sulfureux en milieu sulfurique, par une solution contenant 3ᵍ, 16 de permanganate de potassium par litre est exact, par suite de la transformation complète de l'acide sulfureux en acide sulfurique, suivant l'équation

$$5\,SO^3H^2 + 2\,MnO^4H = 3\,SO^4H^2 + 2\,SO^4Mn + 3\,OH^2.$$

On constate, qu'en versant la solution titrée de permanganate de potassium dans la solution d'acide sulfureux, le nombre de centimètres cubes de solution de permanganate de potassium utilisés, est d'autant plus faible que le dosage dure plus longtemps. Une solution d'acide sulfureux perd, en effet, très rapidement de l'anhydride sulfureux, surtout au contact d'acide sulfurique et par agitation. H. M. Mason et G. Walsh (⁴) ont invoqué cette volatilisation de l'anhydride sulfureux, pour expliquer que le dosage iodométrique de l'anhydride sulfureux n'est exact, qu'en versant la solution d'acide sulfureux dans la solution titrée d'iode.

(¹) Th. Dymond et F. Hugues, *Chem. Soc.*, 71, 1887, p. 314.
(²) Pinnov, *Zeit. anal. Ch.*, 43, 1904, p. 91.
(³) W. S. Hendrixson, *Am. Chem. Soc.*, 47, 1925, p. 2156.
(⁴) H. M. Mason et G. Walsh, *The Analyst*, 53, 1928, p. 144.

Nous avons observé qu'une solution d'acide sulfureux renfermant initialement environ 1 pour 100 d'anhydride sulfureux et présentant dans un cristallisoir une épaisseur de 3^{cm^3}, perd, sans agitation, par simple abandon à l'air, approximativement 70 pour 100 de l'anhydride sulfureux initialement contenu, en 15 heures. La quantité d'acide sulfureux qui, par suite de l'oxydation de l'air, s'est transformée en acide sulfurique, est négligeable : de l'ordre de 1 pour 100 de l'acide sulfureux existant initialement. La solution d'acide sulfureux à doser, étant versée dans la solution titrée de permanganate de potassium, on constate que le résultat du dosage est indépendant du temps employé, mais que l'acidité sulfurique ajoutée pour le titrage a une influence marquée. La transformation de l'acide sulfureux en acide sulfurique par l'acide permanganique est d'autant plus complète que la concentration en acide sulfurique est plus élevée. Pour une concentration en acide sulfurique supérieure à 5,5 $SO^4H^2/2$ mol-gr/litre, la transformation est complète. Dans le tableau suivant, nous avons fait figurer, d'une part, la concentration en acide sulfurique réalisée pour le dosage et, d'autre part, le rapport de la quantité de permanganate de potassium effectivement utilisée pour le dosage à la quantité de permanganate de potassium théoriquement nécessaire pour la transformation complète de l'acide sulfureux en acide sulfurique :

Acidité sulfurique en $1/2 SO^4H^2$ mol-gr/litre.....	0,16	0,33	0,66	1,8	5,5
$\frac{MnO^4K \text{ employé}}{MnO^4K \text{ théoriquement nécessaire}}$..............	0,85	0,89	0,92	0,95	1

J. Milbauer [1] a également observé que le dosage de l'acide sulfureux par le permanganate de potassium devenait exact, en réalisant une acidité sulfurique suffisante.

Mentionnons que le sulfite de sodium peut être dosé par le permanganate de potassium en milieu neutre ou alcalin, le sulfite est intégralement transformé en sulfate et il se sépare du bioxyde de manganèse conformément à l'équation

$$2MnO^4K + 3SO^3Na^2 + OH^2 = 3SO^4Na^2 + 2OHK + 2MnO^2.$$

Le bioxyde de manganèse est rassemblé, par centrifugation, pour mieux percevoir la coloration par une goutte de permanganate de potassium en excès. L'alcalinité créée est un peu plus faible que celle qui correspondrait à l'équation de réaction donnée.

---

(1) J. Milbauer, *Zeit. anal. Ch.*, 48, 1909, p. 17.

CHIMIE MINÉRALE. — *Les relations entre les propriétés et la constitution du phosphate tricalcique.* Note de M. **A. Sanfourche**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Les phosphates alcalino-terreux tribasiques possèdent un certain nombre de propriétés difficilement conciliables avec la constitution qui leur est attribuée, d'après laquelle on les considère comme le dernier terme de la neutralisation de l'acide orthophosphorique. En ce qui concerne particulièrement le phosphate tricalcique, mieux connu que ses congénères, on peut relever les anomalies suivantes :

1° On sait qu'il contient de l'eau, dont on admet généralement une molécule, et l'on écrit sa formule $P^2O^8Ca^3, H^2O$. D'après certains Traités, cette eau serait chassée à 100°; nous avons constaté au contraire sa grande fixité : stable à 100°, elle ne commence à se dégager que vers 180°, température à laquelle un chauffage jusqu'à poids constant en élimine le tiers; à 475°, les trois quarts, à 900°, 95 pour 100, et il faut aller jusqu'au rouge vif pour priver le sel de toute trace d'eau. Une telle fixité permet de considérer qu'il s'agit d'eau de constitution bien plutôt que d'eau de cristallisation, celle-ci se dégageant des sels hydratés à des températures assez basses, et suivant un processus entièrement différent.

2° Le phosphate tricalcique n'est pas le terme ultime de la neutralisation de l'acide phosphorique par la chaux; on a signalé depuis longtemps l'existence de l'hydroxyapatite, et la formation contestée du phosphate tétracalcique a été mise hors de doute, par voie sèche tout au moins, au moyen de l'analyse thermique (¹). Nous exposerons prochainement d'une façon détaillée les modalités de formation des phosphates alcalino-terreux les plus basiques.

3° Remarque importante, et qui confirme la précédente en la précisant, le phosphate tricalcique se présente comme plus acide que le phosphate dicalcique, son pH étant 6,8 contre 7,5 pour PO^4HCa (²). Ce fait est inconciliable avec la formule qui lui est communément attribuée.

4° Diverses propriétés des phosphates tribasiques, spécialement la solubilité, varient avec le mode de préparation. l'ancienneté des produits, les

(¹) Trömel, *Mitt. Kais. Wilh. Inst.* **14**, Bull. 198, 1932.
(²) Zindzadzé, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1924.

traitements qu'ils ont subi, etc. [1]. Ces faits n'ont pas reçu d'explication probante. D'autre part, le phosphate tricalcique n'est pas connu comme espèce minérale pure; sa préparation par double décomposition ne donne jamais un produit absolument pur, mais le plus souvent un peu trop basique.

Tous ces faits perdraient leur caractère anormal si l'on considérait le phosphate tricalcique non pas comme le sel neutre de l'acide orthophosphorique, mais comme un sel acide d'un acide $P^2O^9H^8$, qui ne serait autre que l'hydrate d'acide phosphorique $2PO^4H^3,H^2O$ dont l'existence est établie par l'analyse thermique du système $PO^4H^3 — H^2O$. D'après cela, le phosphate tricalcique s'écrirait $P^2O^9H^2Ca^3$, ce qui expliquerait : 1° qu'il ne perde qu'avec difficulté une molécule d'eau, d'après un processus analogue à celui qui fait passer les orthophosphates acides à l'état de méta ou de pyrophosphates; 2° qu'il possède une acidité très voisine de celle du phosphate dicalcique $P^2O^8H^2Ca^2$; 3° que cet acide $P^2O^9H^8$ soit capable de donner des sels plus basiques, tels que le phosphate tétracalcique, dont la formule $P^2O^9Ca^4$ serait plus rationnelle que celle qui en a fait le composé d'addition $P^2O^8Ca^3,CaO$; 4° que l'action d'un phosphate tribasique sur une quatrième molécule d'alcali produise un dégagement de chaleur; cet effet thermique n'a pas été mesuré dans le cas de la chaux, mais bien dans celui de la soude, où il se chiffre par 1,6 cal/kg.

Ce nouvel acide, que l'on pourrait dénommer *acide hydroxyphosphorique*, trouverait sa place naturelle dans la série constituée par l'union d'un nombre croissant de molécules d'eau avec l'anhydride phosphorique :

$P^2O^5 + H^2O = 2PO^3H$ (acide métaphosphorique),
$P^2O^5 + 2H^2O = P^2O^7H^4$ (acide pyrophosphorique),
$P^2O^5 + 3H^2O = 2PO^4H^3$ (acide orthophosphorique),
$P^2O^5 + 4H^2O = P^2O^9H^8$ (acide hydroxyphosphorique),

série qui peut se compléter par l'acide pentaphosphorique

$$P^2O^5 + 5H^2O = 2P(OH)^5,$$

non isolé, mais dont Lemoult [2] a préparé des dérivés organiques.

---

(1) ZINDZADZÉ, *Recherches sur la nutrition artificielle des plantes*, Paris, Jouve, 1932.
(2) LEMOULT, *Comptes rendus*, 139, 1904, p. 409; 141, 1905, p. 1241.

CHIMIE ANALYTIQUE ORGANIQUE. — *Dosage réfractométrique des acides organiques.* Note de Mme G. **Allard**, présentée par M. G. Urbain.

J'ai montré [1] que les acides oxalique et malonique peuvent être dosés réfractométriquement, tant isolés que mélangés. La présente Note a pour but d'étendre ce travail.

Rappelons que la méthode consiste à suivre la précipitation des acides organiques par la mesure des indices de réfraction de la solution.

Les essais ont porté sur les neuf premiers termes en chaîne droite de la série des diacides. Pour les précipiter, trois réactifs peuvent être employés : l'acétate de plomb, l'acétate d'argent et l'acétate mercurique.

L'acétate de plomb présente sur les autres l'avantage de pouvoir être préparé en solution plus concentrée (environ normale), ce qui permet une variation de volume négligeable au cours du dosage. Ce réactif fut employé pour doser les acides oxalique, malonique, succinique, azélaïque et sébacique.

De très petites quantités d'acide, en solution très diluée, furent ainsi déterminées. Seule la solubilité du sel de plomb formé limite la dilution. Quant au volume de solution, il peut être réduit jusqu'à 2^{cm^3}.

L'erreur commise dans le dosage d'une solution d'acide oxalique contenant 1/800 de molécule-gramme par litre fut de 43 pour 100; dans le dosage d'une solution d'acide malonique contenant 1/200e de molécule-gramme par litre, fut de — 4,5 pour 100; d'une solution d'acide azélaïque à la même concentration, fut de — 5 pour 100; dans le dosage d'une solution d'azélaate de sodium à la même concentration, fut de + 2,5 pour 100 et dans le dosage d'une solution de sébaçate de sodium contenant 3/1000 de molécule-gramme par litre, fut de + 2,5 pour 100.

Ces deux derniers exemples montrent que les sels alcalins se dosent au même titre que les acides eux-mêmes.

Ces acides peuvent aussi être dosés dans leurs mélanges. L'acidité totale se détermine alors avec la même précision qu'un acide isolé. Mais l'erreur relative faite sur chaque acide peut être considérable bien que l'erreur absolue commise sur chaque détermination soit toujours à peu près du même ordre de grandeur. Par exemple :

Dans une solution contenant 1/80e de molécule-gramme d'acide oxalique et 1/200e de

---

[1] *Bull. Soc. chim.*, 5, 1932, p. 372.

molécule-gramme d'acide azélaïque par litre, la totalité des acides fut déterminée à — 2 pour 100 près, l'acide oxalique à — 5 pour 100 et l'acide azélaïque à — 15 p. 100 dans un mélange ternaire contenant 35/1000 de molécule-gramme d'acide oxalique, 3,5/1000e de molécule-gramme d'acide malonique et 3,5/1000e molécule-gramme d'acide azélaïque par litre, la totalité des acides fut déterminée à — 2 pour 100 près et la somme des acides oxalique et malonique à — 4 pour 100, cependant que les erreurs sur chaque acide étaient respectivement de — 10, + 50 et + 30 pour 100.

On voit que dans des cas analogues, on n'obtient guère plus qu'un ordre de grandeur. Il n'en est plus de même si l'on s'adresse à des solutions plus concentrées :

Un mélange contenant de l'acide oxalique à raison de 1/8e de molécule-gramme et de l'acide malonique à raison de 1/40e de molécule-gramme par litre fut dosé à moins de 1 pour 100 près : l'acide oxalique étant déterminé exactement et l'acide malonique à — 5 pour 100.

Un grand nombre de dosages de mélanges avaient montré que l'ordre des précipitations était celui du nombre croissant d'atomes de carbone dans la molécule. Ce fait fut vérifié par les radiogrammes de poudre des sels de plomb (M. Champetier).

Les indices de réfraction mesurés à température constante (à moins de 1/2 degré), à l'aide d'un réfractomètre à immersion de Zeiss (permettant une précision de la moitié de la 4e décimale) sont portés en ordonnées tandis que les volumes correspondants d'acétate de plomb sont portés en abscisses. Les courbes ainsi obtenues sont des droites dont les points d'intersection correspondent aux volumes de réactif nécessaires à chaque précipitation. Pour plus d'exactitude, tous ces points ont été déterminés par le calcul en utilisant la méthode des moindres écarts.

EFFET RAMAN ET CHIMIE. — *La liaison éthylénique. Étude de quelques hexènes linéaires ou ramifiés.* Note de Mlles **H. Van Risseghem**, **B. Gredy** et M. **L. Piaux**, présentée par M. C. Matignon.

Dès le début des recherches sur l'effet Raman, on a reconnu [1] l'existence très générale d'une raie Raman de fréquence voisine de 1600 cm^{-1}

---

[1] Voir Kohlrausch, *Der Smekal-Raman Effekt*, J. Springer, Berlin, 1931, p. 322 et suiv.

dans le spectre des composés éthyléniques; l'étude systématique des petites variations de cette fréquence caractéristique a été poursuivie par Bourguel et a fait l'objet de plusieurs Notes [1] où cet auteur a étudié, en outre, les variations des raies ou bandes de la région 1250-1420, dont la position semble dépendre de la structure de la molécule au voisinage de la double-liaison. Disposant d'un certain nombre de carbures éthyléniques en C^6, nous avons effectué la comparaison de leurs spectres, Raman, limitée à la région 1250-1700 cm^{-1} et en excluant la bande forte voisine de 1450 cm^{-1}, attribuée aux vibrations des chaînons $—CH^2—$ et $—CH^3$; voici les résultats obtenus, carbure par carbure :

Hexène-1, obtenu par condensation du bromure d'allyle avec le bromure de *n*-propylmagnésium; il fond à — 139°, Eb. 63°,45 - 63°,55, $d_4^{15} = 0,6789$; le spectre, très pur, sans trace de raies parasites, est identique à celui que Bourguel avait obtenu; les fréquences sont : 1296 (bande large), 1416 (raie aF) 1642 (raie F);

Hexène-2, obtenu, soit par déshydratation de l'hexanol-2 sur acide *p*-toluènesulfonique (F. 144°,6, Eb. 68°,2-68°,35, $d_4^{15} = 0,6862$), soit par condensation du bromure de crotyle avec le bromure d'éthylmagnésium (Eb. 68°-68°,2, $d_4^{15} = 0,6852$), il s'est présenté dans les deux cas comme un mélange d'isomères *cis-trans*, à égalité pour le premier échantillon, à 30 pour 100 environ de *cis* pour le deuxième; nous avons retrouvé les fréquences déjà signalées pour les carbures de la forme

$$CH^3 - CH = CH - R$$

(voir tableau à la fin).

Méthyl-4-pentène-2, obtenu par déshydratation du méthyl-4-pentanol-2 sur alumine, il a été soumis à un grand nombre de tours de distillation systématique; trois fractions en ont été étudiées : la première (Eb. 55°,3-55°,6) a donné deux raies éthyléniques à 1643 et 1660, la première correspond à un isomère de position, le méthyl-4-pentène-1, la seconde au carbure à *cis*; la deuxième fraction (Eb. 57°,6-57°,8, portion principale) donne également deux raies, celle du *cis* à 1660 et celle du *trans* à 1673; la troisième, enfin (Eb. 58°,2-58°,6) n'a donné qu'*une seule raie*, *celle du carbure* trans, à 1673; ce résultat, qui n'avait pu être obtenu jusqu'ici, montre bien que le carbure *trans* ne donne, comme le *cis*, qu'une seule raie vers 1600.

---

(1) M. Bourguel, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 934; 194, 1932, p. 1736; 195, 1932, p. 311; M. Bourguel, Mlle B. Gredy et L. Piaux, *ibid.*, 195, 1932, p. 311.

Méthyl-3-pentène-2, obtenu par déshydratation du méthyl-3-pentanol-2 sur acide *p*-toluènesulfonique; trois fractions ont été étudiées : Eb. 67°,2-67°,8; Eb. 68°,8-69°,4; Eb. 70°,2-70°,5; la première se présente comme un mélange, avec une raie à 1650 qui semble appartenir au carbure isomère de déshydratation, l'éthyl-2-butène-1 (le méthyl-2-butène-1 ayant donné précédemment 1651 [1]); l'autre raie, à 1673 se retrouve dans les trois fractions et le reste des spectres est à peu près identique d'une fraction à l'autre; il nous est par suite impossible d'affirmer sur cet unique exemple que les isomères *cis trans*, pour les carbures $(R)(R')C = C - CH^3$, ont ou non les mêmes fréquences Raman.

Méthyl-2-pentène-2, obtenu par déshydratation du méthyl-2-pentanol-2 sur acide *p*-toluène sulfonique (F.-134°,75, Éb. 66°,7-67°,2, $d_5^{14} = 0,6914$), il s'est présenté comme un corps pur.

Diméthyl-2-3-butène-2 (tétraméthyléthylène), obtenu par action du zinc en poudre et de l'alcool sur l'ester dibromhydrique de la pinacone, Éb. 72°-73°.5, il est pur au degré de sensibilité de l'analyse Raman.

Le tableau ci-dessous résume les résultats obtenus :

Nom du carbure.	Formule.	Fréquences.		
Hexène-1	$C^4H^9CH = CH^2$	1296 (*b*)	1416 (*b*)	1642
Hexène-2 (*cis*)	$n\,C^3H^7CH = CHCH^3$	1258 (*b*)	1378 (*b*)	1658
Hexène-2 (*trans*)		1300 (*b*)	1378 (*b*)	1674
Méthyl-4-pentène-2 (*cis*)	*iso* $C^3H^7CH = CHCH^3$	1258 (*b*)	1378 (*b*)	1660
» (*trans*)		1301 (*b*)	1380 (*b*)	1773
Méthyl-3-pentène-2	$(CH^3)(C^2H^5)C = CH^3$	1252 (*b*)	1350 (*b*)	1673
		1316 (*b*)	1383 (*b*)	
Méthyl-2-pentène-2	$(CH^3)(CH^3)C = CC^2H^5$	1262	1351	1676
		1306	1381	
Diméthyl-2-3-butène-2	$(CH^3)(CH^3)C = C(CH^3)(CH^3)$		1371	1676
			1393	

Ces résultats confirment et complètent ceux de Bourguel.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur une méthode de précision pour mesurer les constantes des réseaux cristallins.* Note de MM. **V. Kunzl** et **J. Köppel**, présentée par M. M. de Broglie.

En s'occupant des mesures de la constante de réseau de la blende, M. Pavelka [2], n'ayant pas la possibilité d'employer un spectrographe

(1) M. Bourguel et L. Piaux, *Bull. Soc. Chim.*, 51, 1932, p. 1953.

(2) A. Pavelka, *Bulletin intern. Acad. Sciences de Bohême*, 1, 1927, p. 44.

précis, a imaginé une méthode spéciale, mais ne donnant que des valeurs approximatives de la dite constante. En combinant le principe de sa méthode avec la manière de compter les angles dans la méthode de M. Siegbahn, nous avons trouvé une méthode nouvelle permettant de fixer avec précision la constante de réseau. La voici :

On photographie la même raie spectrale d'une longueur d'onde donnée sur la même plaque photographique du porte film dans l'ordre n et dans l'ordre $n+1$ (en général n'); en même temps on tourne l'alidade de l'angle α approximativement égal à $2\varphi_{n+1} - 2\varphi_n$, compté sur le cercle divisé.

Donc.

$$\alpha = 2\varphi_{n+1} - 2\varphi_n \pm \Delta,$$
$$K = \varphi_{n+1} - \varphi_n = \frac{\alpha \pm \Delta}{2},$$

où Δ représente la distance des lignes spectrales sur la plaque photographique, exprimée en degrés.

Les mesures de l'angle K se font donc comme dans la méthode de Siegbahn à l'exception que la ligne spectrale ne se mesure pas sur les côtés opposés, mais sur le même côté dans des ordres différents.

De l'équation originale de Bragg pour l'ordre n et $n+1$ il s'ensuit (en négligeant les déviations causées par la réfraction)

$$\sin\varphi_n^* = \frac{\sin k}{\sqrt{\left(\frac{n+1}{n}\right)^2 - 2\,\frac{n+1}{n}\cos k + 1}}$$

(φ_n^* est une fonction de l'angle φ_n et φ_{n+1}, il n'égale donc pas l'angle φ_n mesuré directement) et pour la constante de réseau

$$d_{n,n+1} = \frac{n\lambda}{2\sin\varphi_n^*}.$$

La constante de réseau ainsi obtenue est, vu les désaccords avec l'équation de Bragg, désignée par $d_{n,n+1}$, elle est reliée avec d_∞ d'après la formule approximative

$$d_{n,n+1} = d_\infty\left(1 - \frac{4d^2\delta}{n^2\lambda^2}\right)\left[1 + \frac{4d^2\delta}{n^2\lambda^2}\,\frac{2n+1}{(n+1)\left(2n+2 - \frac{2n+1}{2n\frac{\lambda^2}{16d^2}+1}\right)}\right].$$

Nous avons employé cette méthode pour mesurer la constante de réseau de la face rhomboédrique $(10\bar{1}1)$ du quartz; cette face, nous l'avons

mesurée aussi à l'aide de la méthode de Siegbahn (1) pour pouvoir comparer les résultats de ces deux méthodes.

Les mesures ont été faites, au moyen de la raie Cu k d_1 ($\lambda = 1537,395$ uX) dans les premier et deuxième ordres, sur un spectrographe précis dans le vide, modèle Siegbahn, pour les longueurs d'onde moyennes. Les valeurs trouvées (corrigées pour 18° C.) (2) se lisent sur le tableau suivant :

Méthode des auteurs.		Méthode de Siegbahn.	
$K_{1,2}$	14°6′52″	φ_1	13°19′17″
		φ_2	27°26′14″
		$K^*_{1,2} = \varphi_2 - \varphi_1$	14° 6′57″
		d_1	3336,17 XU
		d_2	3336,53 »
$d_{1,2}$	3337,12 XU	$d^*_{1,2}$	3336,83 »
		d_∞ (calc. de d_1)	3336,71 »
		d_∞ (calc. de d_2)	3336,66 »
d_∞	3336,91 »	d_∞ (calc. de $d^*_{1,2}$)	3336,62 »

Comme on le voit il y a, entre d_∞ fixé d'après la formule approximative de la valeur $d_{n,n+1}$ et d_∞ fixé par $d_1(d_p)$, une différence qui dépasse les limites de la précision. Cette différence est causée par un certain nombre de faits (surtout par un réglage imparfait), dont les influences se manifestent dans les résultats des deux méthodes mentionnées d'une manière inégale. La méthode imaginée par nous peut donc servir de complément et de contrôle par rapport à celle de Siegbahn. Nous en parlerons plus tard dans un article spécial.

MINÉRALOGIE. — *Influence des matières étrangères à l'état de solution solide sur le domaine de stabilité des cristaux*. Note de M. **Paul Gaubert**.

Les échantillons de la même espèce minérale provenant de gisements différents n'offrent pas toujours une égale résistance à l'altération, tel est le cas connu depuis longtemps de la laumontite. Celles de Huelgoat et d'Ax (Ariège) (3) se décomposent plus rapidement que celle de Courmayeur. On sait aussi que les clivages, non seulement ne se produisent

(1) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 787.

(2) $\alpha_{\perp(10\bar{1}1)} = 1040,10$, *loc. cit.*

(3) A. Lacroix, *Minéralogie de la France*, II, 1896, p. 342.

pas avec la même facilité, avec les mêmes minéraux des diverses localités, mais aussi qu'ils peuvent être différents (galène).

On a bien pensé que ces faits pouvaient être attribués à la présence de matières étrangères, mais les expériences permettant de les interpréter exactement sont difficiles à réaliser avec les minéraux. Les analyses chimiques ne mettant pas en évidence la nature des matières étrangères et l'état sous lequel elles existent dans le cristal (abstraction faite des inclusions dont la décomposition peut entraîner celle du minéral), je me suis adressé à une substance organique, le phlorizoside (phlorizine) hydratée, pouvant être étudiée à une température relativement basse sur la platine du microscope.

Le cristaux de cette substance peuvent comme je l'ai déjà indiqué [1], absorber pendant leur accroissement des matières colorantes se trouvant à l'état de solution solide, et modifiant leur faciès et leur taille. Naturellement ces deux genres de modifications influencent la résistance à l'attaque d'un solvant et à la déshydratation, puisque les faces de nature différente ne se comportent pas de la même manière vis-à-vis le milieu ambiant; mais ici je ne veux considérer que les différences dans la déshydratation dues à la composition du cristal, légèrement modifiée par la présence de matières étrangères (dans la proportion de 1/1000e à 1/100e).

1° Des lames aplaties suivant la face h^1 (100), ayant environ 100$^\mu$ de large et 15$^\mu$ d'épaisseur, colorées par les violets de méthylène, Hofmann, les bleus de méthylène, Coupier, le rouge de méthyle, l'hématéine, etc., se trouvant dans les cristaux dans la même proportion (1/1000e) sont chauffées, sur le platine du microscope, côte à côte avec des lames incolores. Les cristaux sont tous à la même température réglée avec un rhéostat et pouvant être maintenue fixe, la platine chauffante que j'ai construite étant formée par plusieurs lames de laiton permettant de faire varier son épaisseur que je prends assez élevée (de 10 à 20^{mm}).

Jusqu'à 95°, les cristaux ne perdent pas d'eau comme l'indique leur biréfringence qui n'est nullement modifiée, mais il se produit des cassures plus ou moins fines et plus ou moins rapprochées suivant la nature de la matière colorante, cassures correspondant aux clivages parallèles à la face p (001). Elles sont plus nombreuses, du moins au début, sur les cristaux incolores ou colorés par l'hématéine et par le bleu Coupier, que sur ceux contenant du violet de méthylène. En outre et surtout sur les cristaux colorés par

(1) P. Gaubert, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 554.

cette dernière substance, il se produit deux séries de clivages perpendiculaires à la face d'aplatissement h^1 (100), faisant avec l'axe vertical un angle de 37°,5 environ, de telle sorte qu'il se produit un réseau de losanges dont la grande diagonale coïncide avec l'axe c. Cette série de clivages est favorisée par un refroidissement brusque de la préparation. Il se produit aussi des clivages suivant la face h^1 (100), surtout visibles avec les cristaux colorés par le bleu Coupier ou l'hématéine.

Chauffés à 100°, l'examen des propriétés optiques montre que les cristaux ne perdent pas leur eau simultanément. Comme l'indique la variation de leur biréfringence, elle se dégage plus tôt de ceux colorés par l'hématéine ou le bleu Coupier que des autres. Il est même possible de les déshydrater complètement et de laisser intacts les cristaux purs. Ces derniers sont cependant moins stables que ceux colorés par le violet de méthylène, qui élève donc, dans la proportion de 1/1000e, leur domaine de stabilité.

2° Des cristaux les uns purs, les autres colorés par le violet de méthylène dans les proportions de 1/500e, 1/300e, 1/200e et 1/100e sont chauffés comme les précédents sur la platine du microscope. De 90 à 98° les clivages se produisent d'abord dans ceux qui sont fortement colorés. Maintenus au voisinage de 100° les cristaux contenant 1/500e de matière colorante sont biréfringents alors que ceux avec 1/100e sont isotropes, mais ils le sont moins que les cristaux purs. Par conséquent, une faible quantité de violet de méthylène (1/1000e) élève la stabilité des cristaux de phlorizine hydratée et une plus grande (plus de 1/500e) la diminue.

Ces faits montrent le rôle important que les matières étrangères à l'état de solution solide peuvent jouer dans la stabilité des minéraux cristallisés. A diverses reprises, j'ai montré qu'elles changent le faciès et la taille des cristaux; ces modifications agissent aussi sur la résistance à l'altération. Ils indiquent, en outre, que l'inégale facilité des clivages dans le même minéral, mais d'origine différente, doit être attribuée à la présence de ces matières dans les cristaux.

LITHOLOGIE. — *Le Siwalik et les roches volcaniques récentes en Afghanistan.* Note de M. **J. Barthoux.**

Les formations hindoues de Siwalik se retrouvent, mais notablement moins étendues qu'au pied de l'Himalaya, en trois endroits de l'Afghanistan :

a. Le lambeau le plus important apparaît sur la route de Kaboul à Peshawar où Hayden l'a signalé [1]. Il occupe le fond d'un arc montagneux constitué par la Safed-Koh, le Lataband qui domine Kaboul, et le Kohistan jusqu'au Laghman. Vers le Sud, il est fortement redressé alors qu'au Nord, il n'a subi aucun mouvement important. Partout il est constitué de grès fin, *poivre et sel*, avec intercalations d'argiles blanchâtres et surtout de conglomérats ou poudingues dont les bandes ou lentilles attestent une formation due à un ruissellement intense.

Le grès est en majeure partie quartzeux et feldspathique avec de l'orthose damouritisée, du microcline et de l'oligoclase-andésine et de menus fragments provenant de gneiss ou de filonets quartzeux à grain fin. On y voit de la biotite comme effilochée et très altérée (vermiculite), ondulée sous la pression des grains voisins, de la muscovite, du grenat et de rares flocons de calcite.

Il provient sans aucun doute de la désagrégation des gneiss qui s'étendent du Counar à l'Oxus. On le retrouve, presque à 2000^{m} d'altitude, non loin du col qui ouvre le chemin de Kaboul.

b. Un autre lambeau de même origine s'étend du bas Kichm (limite du Turkestan et du Badakchan) au Daoung occupant aussi en cet endroit une dépression des montages gneissiques et schisteuses. La basse Koktcha coule au milieu de cette formation partout très relevée et intercalée de bancs réguliers de poudingues siliceux. A Sar-i-Roustak, ces grès reposent en concordance sur le Carbonifère. Une puissante succession de conglomérats grossiers les en séparent. Peu inclinés en cet endroit, ils se relèvent insensiblement au Sud pour dépasser la verticale accusant de ce fait l'existence possible d'un synclinal se présentant à sa charnière. On trouve dans ces grès de très rares fragments d'os, indéterminables.

c. Des grès plus fins et blancs, à ciment calcaire, remplissaient la dépression du Djaghouri vers Zardalou et sont maintenant réduits à quelques lambeaux tabulaires, témoins. Ils sont horizontaux, uniformes et proviennent de la désagrégation du massif granitique de Sang-i-Macha.

Ces formations, d'origine continentale, remontent, dans les Indes, au Miocène. Les deux premiers lambeaux se rattachent aux grès hindous mais celle du Djaghouri est incontestablement récente ainsi que les grès de remplissage des vallées que l'on trouve dans le Chir Dahan, qui descend sur Ghazni, dans le Pandj-Chir (en aval de Begram), et enfin dans la

---

(1) *Mem. Geol. Survey of India*, 39, 1911, p. 38.

dépression de Kaboul où, mêlé de bancs marneux, il constitue trois buttes dominant la ville à l'Est et au Nord-Est.

Roches volcaniques. — A mon arrivée dans le pays, mon attention avait été attirée par la présence de gros blocs basaltiques (à olivine) parmi les menus galets détritiques répandus à la surface du *siwalik* de Gandamak. Comme la masse des grès ou conglomérats ne montre pas la moindre trace de ces roches dans toute son épaisseur, que d'autre part elles ne peuvent provenir de loin, il était incontestable que les éruptions volcaniques auxquelles elles sont dues étaient postérieures a ces grès. Mais, dans ce pays d'un accès presque impossible, il devenait difficile d'en rechercher la place.

a. J'ai retrouvé dans le Djaghouri des coulées couronnant les petits plateaux *siwalik* de cette région. La coulée méridionale apparaît au nord-ouest de Zardalou, mais vers le nord, l'importance des épanchements s'accroît et jusqu'au tiers méridional du Naor (ou Nawar), on ne compte pas moins de neuf coulées superposées mais très ravinées. On ne remarque nulle part la présence de cheminées.

La roche est une *dacitoïde* de couleur plus ou moins sombre suivant l'abondance, la répartition et le développement de ses particules ferrugineuses.

Celle de Zardalou est constituée par des phénocristaux d'oligoclase-andésine avec les macles de Karlsbad, de l'albite et du péricline, de biotite et de hornblende brun noir, l'une et l'autre peu abondantes. La pâte est vitreuse avec fines particules ferrugineuses.

Analyse (M. Raoult).

SiO^2.	Al^2O^3.	Fe^2O^3.	FeO.	MgO.	CaO.	Na^2O.	K^2O.	TiO^2.	P^2O^5.	MnO.	H^2O.
62,74....	16,40	1,60	2,67	1,90	4,82	4,53	2,59	0,78	0,15	0,10	2,98

Total : 100,36.

Paramètres magnatiques.. (I) II.4.2(3).4

b. Les mêmes roches se retrouvent entre Gadès (Kadiz) et Chahar-i-Arman (nord-est d'Hérat) en un massif compact d'au moins 4[km] de diamètre représentant vraisemblablement un puissant neck, car aucune coulée n'est visible sur toute l'épaisseur que la profonde échancrure d'une vallée met à nu sur 80[m] de hauteur et traverse sur environ 3[km].

Les phénocristaux sont ici constitués par de l'andésine, de l'augite ou de l'enstatite accompagnée de biotite. Dans la pâte microlitique, en partie vitreuse, on voit de l'apatite en abondance, criblée de filaments de rutile,

des particules ferrugineuses rassemblées surtout autour des cristaux de mica.

c. D'autre coulées s'étalent sur les grès jurassiques dans les pâturages de Haftou (nord-nord-ouest d'Hérat), entre Kouchk et Kara-Bagh. On en suit la bordure pendant 4 heures de marche. La roche est de couleur gris foncé avec grosses taches rougeâtres de feldspaths. Elle est formée d'oligoclase-andésine et d'augite réparties dans une pâte à microlites du même feldspath, accompagnés d'apatite, et noyés dans un verre brunâtre. Comme à Zardalou aucune cheminée n'est apparente.

d. Des filons de roches volcaniques sont abondants dans le Naratou (est-nord-est d'Hérat) et les coulées qui, normalement, devraient couronner les grès jurassiques n'apparaissent nulle part dans ce district. Leurs roches sont presque entièrement microcristallines, sans phénocristaux. Elles sont constituées par de l'apatite, de l'andésine et de l'augite. Le verre est criblé d'un pigment ferrugineux.

L'un de ces filons est une andésite labradoritique très riche en augite.

GÉOLOGIE. — *La série schisto-quartzo-calcaire dans le centre de Madagascar.* Note (1) de M. **André Lenoble.**

C'est entre Ambatofinandrahana et Ambositra que cette série a été reconnue pour la première fois et M. A. Lacroix (2) en a publié une esquisse géologique d'après les observations communiquées par M. H. Perrier de la Bâthie.

La série schisto-quartzo-calcaire s'étend, dans le centre de Madagascar, de Betafo à la Manambaroa, dans le sens Nord-Sud et d'Est en Ouest, d'Ambositra jusque près du Bongolava, couvrant environ 8000^{km^2}. Elle forme des chaînes dont les sommets comptent parmi les plus élevés de l'île (1900 à 2000^{m}) constitués surtout de quartzites. C'est la série s'étendant à l'ouest d'une ligne méridienne passant par Ambatofinandrahana qui fait l'objet de cette Note.

Elle est composée d'un complexe de base formé de micaschistes, schistes, cipolins; ces divers termes coexistent parfois, mais généralement on observe une prépondérance très forte de l'un d'eux avec parfois disparition totale des autres.

---

(1) Séance du 20 mars 1933.

(2) *Minéralogie de Madagascar*, 1, 1922, p. 39.

La formation supérieure est entièrement quartziteuse; elle est beaucoup plus importante que la précédente en étendue et en puissance; dans l'ensemble, les quartzites sont de deux types : itacolumites, prépondérant dans les régions où apparaît le complexe schisto-calcaire, quartzites vitreux là où la partie supérieure de la série existe seule. Malgré son origine sédimentaire incontestable, aucun organisme fossile n'y a été trouvé. Les quartzites de la partie supérieure seuls, surtout les itacolumites, présentent des ripple-marks et une stratification entrecroisée très faciles à observer dans certaines régions.

L'étude des mouvements tectoniques est rendue assez pénible par la superposition de deux mouvements : un tectonique d'intrusion, provoqué particulièrement par des granites alcalins dans la région d'Ambatofinandrahana, à laquelle s'est superposée postérieurement une tectonique générale. De plus il n'existe aucun horizon continu pouvant servir de point de repère; dans la formation de base, l'irrégularité de la composition est telle qu'elle enlève toute possibilité de liaison du Nord au Sud dans les affleurements de cette formation : les schistes ne présentant facilement observables que leurs plans de schistorité qui, très souvent, ne correspondent pas aux plans de stratification, seuls les cipolins permettent d'établir par leurs bancs, à peu près réguliers, une esquisse tectonique, encore qu'il soit à peu près impossible de mettre en évidence une relation exacte d'une coupe à l'autre.

Lorsqu'ils se présentent en dalles cohérentes, les quartzites de la partie supérieure peuvent permettre de reconnaître les grandes lignes de la structure; mais les quartzites vitreux dont la désagrégation est très facile, ne présentent que rarement des bancs où direction et pendage puissent être observés.

A. La tectonique d'intrusion est provoquée par des gabbros, dont les affleurements sont très limités dans la partie qui intéresse cette Note, mais surtout par une série alcaline, comprenant des granites et des syénites, localisée dans la région d'Ambatofinandrahana. En fait, ces intrusions, avec phénomènes de métamorphisme de contact très nets, paraissent n'avoir provoqué que des mouvements tectoniques assez restreints; les mouvements seuls notables existent sur le pourtour de l'intrusion principale des granites alcalins au voisinage d'Ambatofinandrahana. Les déformations accentuées qu'ont subi les granites indiquent nettement que leur venue est antérieure aux mouvements de tectonique générale.

B. Cette tectonique générale est prédominante; dans l'ensemble, elle a

donné naissance à une succession de plis droits de direction NNW-SSE; assez serrés et aigus dans la région d'Ambatofinandrahana et aux nord et nord-est de ce poste; ils tendent par endroits aux plis obliques, notamment près d'Itremo, ils s'adoucissent en direction W-SW, pour se terminer par des ondulations peu marquées dans la région de Midongy-Ouest. C'est à la succession de ces plis d'amplitude faible que l'on doit l'extension considérable des quartzites vitreux entre Itremo et Midongy-Ouest, malgré leur puissance relativement faible (800^{m}). La terminaison nord de la série se fait au sud de Betafo par un léger rebroussement des couches vers le Nord. A la terminaison Sud, après un synclinal à peine marqué au Vatanorona, elle pend régulièrement vers l'Ouest et s'éteint par érosion.

Le centre d'intensité maximum des mouvements, dans la partie qui intéresse cette Note, semble situé près, et un peu à l'est, du massif du Saronara, massif situé à 6^{km} au nord d'Ambatofinandrahana. Le sens de la poussée s'est fait du Nord-Est vers le Sud-Ouest; elle est nettement accusée par le petit massif de granite porphyroïde de l'Ambatoentrano près d'Itremo, ainsi que par les massifs de granite monzonitique de la région de Midongy qui présentent des déformations NNW-SSE.

GÉOLOGIE. — *Sur la répartition des teneurs des gisements métallifères.* Note de M. F. **Blondel**, présentée par M. de Launay.

Notre analyse précédente [1], relative aux gisements de cuivre et dont les conclusions peuvent être étendues moyennant certaines précautions à d'autres métaux, notamment à l'or et à l'étain, nous conduit à supposer que, sous certaines réserves, chaque gisement métallifère correspond à une teneur bien définie, caractéristique en quelque sorte du gisement. On peut alors se demander si les teneurs des différents gisements sont réparties au hasard dans la nature ou si, au contraire, elles ne se groupent pas, en moyenne, autour de teneurs particulières correspondant à quelques types métallogéniques.

I. Si l'on construit, par exemple pour le cuivre produit aux États-Unis, la courbe donnant chaque année les tonnages extraits de teneur inférieure à une teneur donnée, on obtient une courbe ayant la forme de marches d'escalier et présentant trois ou quatre parties quasi rectilignes correspondant à

(1) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 712.

des teneurs particulières. Il est remarquable de constater que, bien que ces courbes, que l'on peut établir pour les vingt-cinq dernières années, soient assez variables d'une année à l'autre, les parties rectilignes se retrouvent au voisinage des mêmes teneurs.

II. Les nécessités économiques ont conduit, dans ces dernières années, à faire un inventaire aussi complet que possible des réserves connues en minerais de cuivre. Si l'on construit, pour ces réserves, une courbe analogue à la précédente, on trouve également une courbe de même forme. Les parties rectilignes correspondant aux teneurs les plus abondantes se rapportent à celles de la courbe précédente en tenant compte du facteur de récupération (la première courbe se rapporte aux teneurs réellement extraites; la seconde aux teneurs existantes).

III. De l'ensemble des études que nous avons exposées, nous croyons pouvoir formuler, à titre d'hypothèse, la conclusion suivante : Les teneurs des gisements ne sont pas réparties au hasard; à chaque type métallogénique correspond une teneur moyenne autour de laquelle se trouvent les plus forts tonnages de ce type de gisement. Ces types sont en petit nombre et leurs teneurs forment une série pratiquement discontinue qui pourrait être assez bien déterminée par l'analyse des résultats de l'extraction.

IV. On définit généralement les gisements métallifères comme des concentrations anormales *susceptibles d'être exploitées avec profit*. On introduit ainsi, au début d'une science purement physico-chimique et géologique, une notion économique tout à fait étrangère au sujet. Il semble que l'analyse précédente ouvre une voie qui permettrait sans doute d'éviter cette difficulté.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Premiers résultats obtenus dans un nouvel observatoire des rayons cosmiques*. Note de M. **L. Tuwim**, présentée par M. Jean Perrin.

1. L'étude de la radiation cosmique par les tubes compteurs, et particulièrement de leur répartition angulaire [1], exige qu'aucun obstacle ne s'interpose sur le trajet des rayons atteignant le tube et que la radioactivité locale du lieu d'observation soit négligeable. Un observatoire de rayons cosmiques satisfaisant à ces conditions a été installé au laboratoire de

(1) L. Tuwim, *Journal de Physique*, 3, 1932, p. 164; 4, 1933, p. 138.

Chimie Physique de la Faculté des Sciences de Paris au sommet d'une tour astronomique; il comporte un écran horizontal de plomb inactif (provenant des toits du château de Compiègne) de 10^{cm} d'épaisseur et de $1^{m},20$ de côté, entouré d'un rebord de même épaisseur et de 15^{cm} de haut. Aucune maison ne s'élève au-dessus du niveau de cet écran et la coupole qui le surmonte est en cuivre mince et uniforme.

2. Plusieurs auteurs ont remarqué (¹) qu'on ignore en réalité combien de rayons cosmiques traversant le tube compteur ne sont pas signalés; la pression du gaz intérieur étant nécessairement finie, et certains rayons pouvant le traverser sans former d'ions. Nous avons remarqué que l'on pouvait prévoir que ce nombre de rayons non comptés varie comme $1/p$, où p est la pression du gaz dans le tube. Une série de mesures a alors été faite avec un tube de $1^{cm},3$ de rayon et $8^{cm},0$ de long placé au centre de l'écran, et dont l'orientation pouvait être horizontale ou verticale; la pression intérieure était tantôt de 35^{mm}, tantôt de 116^{mm} de mercure. Les moyennes de 12 mesures, comportant chacune 200 impulsions cosmiques, montrent qu'en triplant la pression on ne fait augmenter que de 2,7 pour 100 les nombres de rayons cosmiques comptés. En admettant que cette augmentation est bien réelle et non pas due à des fluctuations de statistique, on trouve que pour une pression infinie on n'augmenterait que de 4 pour 100 le nombre d'impulsions observé pour 35^{mm}. Ceci montre que pour un tube compteur du type employé, les rayons non comptés sont négligeables.

3. Nous avons essayé de faire fonctionner un tube compteur sous une pression très faible, quelques dixièmes de millimètre de mercure. Les conditions de fonctionnement sont très instables et nous n'avons réussi à faire des mesures certaines que pendant quelques heures; pendant ce temps les contrôles ordinaires ont donné des résultats parfaitement normaux : 1° augmentation trés forte du nombre N d'impulsion par minute sous l'action d'une source radioactive; 2° identité des impulsions cosmiques et radioactives; 3° diminution de N cosmique par l'interposition de 10^{cm} de plomb; 4° répartition du hasard dans le temps; 5° indépendance vis-à-vis de la tension appliquée pour une variation de 10 volts.

Les mesures faites dans ces conditions ($0^{mm},5$ et $0^{mm},1$ de mercure, avec le même compteur que plus haut) avec et sans protection de plomb ont donné

(¹) W. Hummel, *Physik. Z.*, 33, 1932, p. 503; G. Medicus, *Z. f. Physik*, 74, 1932, p. 350.

les valeurs suivantes pour N = (25 impulsions pour chaque mesure) :

$p = 0^{mm},5$ (air) :

N (non protégé)........	4,0; 4,1	(pour 10 volts de plus)
N (protégé)............	2,7; 2,5	»

$p = 0^{mm},1$ (air) :

N (non protégé)..................................	0,58
N (protégé)......................................	0,48

Si l'on en tire le nombre d'impulsions par seconde et par centimètre cube de volume actif du tube, et si l'on ramène à la pression atmosphérique, on trouve pour le tube non protégé 2,05 et pour le tube derrière 10^{cm} de plomb 1,45.

Or, d'après Kolhörster [1], le nombre I de paires d'ions par centimètre cube et par seconde prenant naissance sous l'action des rayons cosmiques au niveau de la mer dans l'air normal, est de 2,01 et derrière un écran de 10^{cm} de plomb de 1,47.

Il semble donc que pour le compteur à basse pression, le nombre d'impulsions cosmiques est égal au nombre de paires d'ions dans une chambre d'ionisation de mêmes dimensions à la même pression.

Si l'on néglige les processus complexes comme les chocs de Hoffmann, les groupes de particules cosmiques, à cause de leur rareté relative, on explique le résultat précédent par deux hypothèses :

1° Le déclenchement du tube compteur se fait même pour une seule paire d'ions;

2° Les rayons cosmiques produisent, dans la plupart des cas, une seule paire d'ions dans le tube-compteur à petite pression.

BOTANIQUE. — *Sur la présence de pigments anthocyaniques ou de composés oxyflavoniques dans les grains d'aleurone de certaines Graminées.* Note de M. **J. Chaze**, présentée par M. Molliard.

Spiess dans une étude sur l'aleurone a signalé incidemment une coloration bleue des grains d'aleurone de certaines variétés de maïs à grains noirs; d'après cet auteur, cette coloration serait due à la présence d'anthocyane.

---

(1) W. Kolhörster, *Z. f. Physik*, 73, 1931, p. 130; *Berliner Ber.*, 5, 1932, p. 39.

Dans son traité de microchimie, Molisch relate l'observation de Spiess et ajoute que l'étude des maïs à grains rouges ne lui a pas permis de mettre en évidence de l'anthocyane dans les grains d'aleurone, le pigment serait localisé dans le péricarpe et ne présenterait pas les caractères de l'anthocyane. Les observations de ces deux savants ne constituent donc que de très vagues indications sur un problème à peine ébauché et qu'il était intéressant d'éclaircir. Nous avons donc repris la question; à cet effet nos recherches ont été effectuées sur diverses variétés du genre Zea, les unes à grains rouges, les autres hybrides (grains noirs et jaunes), d'autres blancs ou jaunes, elles ont ensuite été étendues à d'autres genres de Graminées.

Les variétés à grains rouges renferment dans leur péricarpe un pigment rouge ocre qui paraît être localisé dans les parois cellulaires, et qui ne présente pas les caractères de l'anthocyane vis-à-vis des réactions à l'acétate de plomb et aux alcalis. Les assises protéiques sont dépourvues de pigments, mais les grains d'aleurone de ces cellules accusent d'une manière très nette les réactions des composés oxyflavoniques, telles qu'elles ont été indiquées récemment par Guilliermond et Gautheret.

En effet dans la graine à l'état de vie ralentie, les grains d'aleurone jaunissent fortement avec les alcalis; ils prennent une teinte jaune par l'acétate de plomb, le chloromolybdate d'ammonium, l'acéto-tungstate de sodium et l'acétate de cuivre; ils brunissent légèrement avec le bichromate de potassium, l'acide chromique et l'acétate d'uranium; le ferricyanure de potassium leur communique une teinte brun rougeâtre; ils réduisent l'acide osmique et le nitrate d'argent; se colorent vitalement en rouge framboise par le rouge neutre, et en bleu vert par le bleu de crésyl.

Par contre, ils ne donnent pas de cristaux par les vapeurs d'HCl (méthode de Klein), ce qui est assez naturel, car ces composés oxyflavoniques semblent être intimement liés par adsorption à la substance protéique de l'aleurone. A la germination, les grains d'aleurone se transforment chacun en une vacuole au sein de laquelle persiste un corpuscule protéique, auquel demeurent associés par adsorption les composés oxyflavoniques, qui continuent à accuser les réactions précédentes, presque toujours plus accentuées; parfois même le corpuscule protéique prend une teinte jaune bien marquée, ce qui prouve que la teneur de ces composés a augmenté. Les grains jaunes ont un péricarpe faiblement coloré en jaune, et se comportent dans leurs assises protéiques comme les grains précédents.

Les grains des variétés noires montrent au contraire à l'état de vie ralentie un péricarpe incolore, et des couches protéiques teintées en violet

noirâtre, cette coloration est due à la présence d'un pigment présentant les caractères de l'anthocyane et qui est inclus dans le grain d'aleurone. Ce pigment est si solidement fixé à l'aleurone qu'il est insoluble dans l'alcool et le formol, et qu'il demeure sur les coupes à la paraffine fixées par ces réactifs. L'aleurone apparaît colorée en brun pâle après fixation par la méthode de Regaud et en gris par la méthode Mèvés. Le cotylédon est dépourvu de pigments, mais présente les réactions des composés oxyflavoniques. A la germination, l'aleurone des assises protéiques s'hydrate; le pigment demeure associé aux corpuscules protéiques mais vire graduellement du noir violacé au rouge. Les grains d'aleurone du cotylédon présentent alors un pigment rouge provenant de la transformation des composés oxyflavoniques.

Dans les maïs jaunes des épis hybrides (noir et jaune) l'aleurone accuse les réactions des composés oxyflavoniques qui dans certains grains se transforment en pigment rouge au moment de la germination. La même transformation se produit dans les assises protéiques des maïs à épi blanc, mais avec moins de régularité.

Dans les diverses espèces ou variétés des genres *Hordeum*, *Triticum*, *Avena*, *Secale*, nous avons mis en évidence la présence de composés oxyflavoniques adsorbés par les grains d'aleurone lesquels se comportent comme ceux du maïs rouge; c'est-à-dire que lors de la germination, on ne peut constater, dans aucun cas, la transformation des composés oxyflavoniques en anthocyane.

Nos recherches confirment donc et complètent les faits signalés succinctement par Spiess et Molisch et expliquent les résultats divergents de ces deux auteurs. Elles démontrent que dans le genre *Zea*, les grains rouges doivent leur coloration à un pigment situé dans le péricarpe, que ces mêmes maïs sont pourvus de composés oxyflavoniques dans leur couche à aleurone, que la pigmentation des caryopses noirs est due à la présence d'anthocyane adsorbée par les grains d'aleurone. Elles établissent, en outre, que dans les maïs jaunes ou blancs, et que dans plusieurs variétés ou espèces des genres *Hordeum*, *Triticum*, *Avena*, *Secale*, les grains d'aleurone de l'assise protéique contiennent des composés oxyflavoniques qui, dans certains maïs et lors de la germination, se transforment en anthocyane. Les composés oxyflavoniques et les pigments anthocyaniques constituent, avec la protéine des grains d'aleurone, un complexe d'adsorption qui modifie leur solubilité; ce résultat est à rapprocher de ceux de Guilliermond qui a montré la fréquence des phénomènes d'adsorption entre les composés oxyflavoniques ou les

anthocyanes avec les substances colloïdales des vacuoles. Nos résultats ainsi que ceux obtenus récemment par Guilliermond apportent une intéressante confirmation cytologique aux travaux de R. Combes, relatifs à l'origine des pigments anthocyaniques qui dériveraient des composés oxyflavoniques et ils demeurent en conformité avec les travaux chimiques de Willstaetter et de son école.

GÉNÉTIQUE. — *Sur le comportement des chromosomes chez quelques hybrides complexes d'Iris.* Note de M. **Marc Simonet**, présentée par M. Blaringhem.

La constance du nombre et de la forme des chromosomes est aujourd'hui un fait qui paraît définitivement acquis. Toutefois, chez les hybrides, l'étude de ces éléments n'a pas toujours été suivie aussi loin qu'il aurait été désirable par faute d'un matériel propice à de telles recherches. Aussi semblait-il intéressant de faire des observations de cet ordre sur des hybrides polyspécifiques chez les parents desquels certains chromosomes de forme particulière auraient été décelés. En outre, si les hybrides initiaux présentaient une fertilité partielle et que celle-ci ait eu pour origine des aberrations caryologiques lors de la meïose, une telle étude devait également permettre d'observer quelles étaient, chez ces hybrides, les combinaisons chromosomiques viables une fois la réduction chromatique terminée. Dans la présente Note, nous nous proposons d'étudier le comportement des chromosomes dans les mitoses somatiques de quelques-uns de ces hybrides complexes.

Ces recherches ont été entreprises chez les Iris parmi lesquels on sait qu'il existe de nombreux hybrides interspécifiques [1] et ont porté sur les combinaisons suivantes :

I. chamæiris Bert. × *I.* × *Charon* Van Tubergen, obtention M. Brun;

I. chamæiris Bert. × *I.* × *Persephone* Van Tubergen, obtention F. Denis;

I. × *Artemis* Van Tubergen × *I. Ricardii* Hort., obtention F. Denis;

I. × *Hera* Van Tubergen × *I. Hoogiana* Dykes, obtention H. Massé.

Les *Iris* × *Artemis*, × *Charon*, × *Persephone* sont des hybrides *Regeliocyclus* issus du croisement des types diploïdes de *Regelia* (*I. Korolkowii* Reg. var. *violacea* Fost. et var. *venosa* Fost.) avec une espèce *Oncocyclus;*

---

(1) *Bull. Biologique*, 66, 1932, p. 255-444.

l'*I.* × *Hera* est un hybride analogue dans lequel, toutefois, l'espèce *Regelia* est tétraploïde.

Les *Iris chamæiris* Bert. et *Ricardii* Hort. sont des *Pogoniris*, les trois premiers hybrides sont donc des *Pogoregeliocyclus*, c'est-à-dire des hybrides polyspécifiques obtenus entre trois parents appartenant les uns et les autres à des groupes botaniques différents (*Pogoniris*, *Regelia*, *Oncocyclus*) et aussi à des centres de distribution géographique éloignés (Europe méridionale, Asie centrale, Asie Mineure); le quatrième hybride est un *Regeliocyclus* recroisé avec un *Regelia*.

Nous avons déjà signalé que toutes les espèces *Oncocyclus* sont à $n = 10$ avec tous leurs chromosomes somatiques droits, tandis que les *Regelia* ont $n = 11$ et $n = 22$ avec 1 paire de grands chromosomes en V chez les types diploïdes et 2 paires chez les espèces tétraploïdes. Nous avons aussi montré que les *I.* × *Artemis*, × *Charon*, × *Persephone* possèdent $2n = 21$, l'*I.* × *Hera* $2n = 32$ soit exactement la somme des garnitures chromosomiques haploïdes des espèces parentes. Nous avons encore fait connaître que la réduction chromatique de ces hybrides est irrégulière, de nombreux éléments monovalents étant présents à la métaphase hétérotypique. De plus, chez les *I.* × *Artemis*, × *Charon*, × *Persephone* l'unique chromosome en V est distribué au hasard à l'un des pôles de la cinèse; au contraire, dans l'*I.* × *Hera* les deux éléments en V se conjuguent par autosyndèse et sont régulièrement disjoints; à l'intercinèse les deux noyaux contiennent chacun un de ces chromosomes.

Par suite de l'absence de conjugaison de certains éléments chromosomiques à la meïose, les grains de pollen formés par ces hybrides devaient contenir des nombres de chromosomes très variables; déjà, à la métaphase homéotypique de l'*I.* × *Charon*, nous avions noté les combinaisons chromosomiques suivantes : $9 + 11 + 1$, $8 + 10 + 2 + 1$, etc.

Par le croisement de ces hybrides avec des espèces dont la réduction chromatique est régulière, ayant par conséquent des nombres de chromosomes constants dans leurs gamètes : $n = 20$ *I. chamæiris* Bert., $n = 24$ *I. Ricardii* Hort., $n = 22$ *I. Hoogiana* Dykes, il devait être possible, en étudiant les mitoses somatiques des hybrides complexes obtenus, de trouver quels étaient les gamètes des hybrides initiaux qui avaient servi à la fécondation. Leur étude cytologique a permis d'observer les nombres chromosomiques suivants : $2n = 29$, *I. chamaeiris* × *I.* × *Charon;* $2n = 30$, *I. chamæiris* × *I.* × *Persephone;* $2n = 32$, *I.* × *Artemis* × *I. Ricardii;* $2n = 40$, *I.* × *Hera* × *I. Hoogiana*.

Si l'on opère le décompte de ces nombres chromosomiques de ceux observés chez les *I. chamæiris, Ricardii* et *Hoogiana* nous voyons que ce sont des gamètes à $n = 9$, 10, et 8 qui ont respectivement évolué d'une manière utile chez les *I.* × *Charon*, × *Persephone*, × *Artemis* et un gamète à $n = 18$ chez l'*I.* × *Hera*. Les nombres somatiques de chromosomes des *I.* × *Artemis*, × *Charon*, × *Persephone* étant de $2n = 21$ et de $2n = 32$ chez l'*I.* × *Hera*, nous constatons que chez ce dernier c'est un gamète hyperploïde qui a été viable alors que chez les premiers ce sont des gamètes hypoploïdes. Il est intéressant de souligner que chez ces hybrides des gamètes hypoploïdes sont fertiles; ce fait démontre que ce n'est pas tant l'élimination des chromosomes dans les divisions de maturation qui peut être une cause de stérilité chez les hybrides, mais plutôt que les combinaisons chromosomiques formées sont incapables de coopérer d'une façon effective.

Le comportement du chromosome en V des *Regeliocyclus* est le suivant : cet élément n'a pas été observé chez les *I. chamæiris* × *I.* × *Charon* et *I. chamæiris* × *I.* × *Persephone*, mais il est présent dans les deux autres hybrides; chez *I.* × *Hera* × *I. Hoogiana* il existe sans aucune modification avec les deux chromosomes en V de l'*I. Hoogiana*. Il est donc intéressant de noter que ce chromosome, au cours de son passage dans plusieurs plasmas très différents, n'a subi aucune altération quant à sa forme. Ainsi, lorsqu'ils sont reconnaissables par leur forme et quand ils peuvent être suivis aussi loin qu'il est possible, même après des hybridations successives, les chromosomes gardent leur entière individualité et doivent être regardés comme des formations constantes du noyau.

MYCOLOGIE. — *Sur la présence d'un champignon chez* Bucegia Romanica *Radian* (1). Note (2) de Mlle **Panca Eftimiu**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Bucegia Romanica Radian est une Marchantiée assez rare, vivant dans les hautes altitudes entre 1700-2200m et aimant tantôt les endroits les plus ombrageux des rochers où elle trouve l'humidité nécessaire, tantôt la lumière et les courants aériens.

(1) Ce genre a été trouvé pour la première fois en 1903 par M. Sim. Radian dans les Carpathes de l'Ouest, ensuite il a été signalé dans les Carpathes nordiques (le massif Tatra) et en Amérique du Nord, dans British Columbia.

(2) Séance du 20 mars 1933.

Cette espèce vit en intime association avec plusieurs autres Marchantiées, spécialement avec *Preissia commutata* et *Fimbriaria Lindenbergiana* : avec ces dernières, *Bucegia* présente des affinités très marquantes. En effet, à part quelques différences concernant les caractères externes de l'inflorescence, il est bien difficile, au premier coup d'œil, de se rendre compte si l'on a affaire avec un thalle de *Preissia*, de *Bucegia* ou même de *Fimbriaria*. Dans ces cas, il faut avoir recours aux coupes et analyser la structure interne du thalle. Nous savons que le caractère principal du thalle de *Bucegia*, consiste dans la présence des stomates composés et dans le tissu chrorophyllien spongieux. Or ces caractères nous les trouvons parfaitement partagés entre les deux espèces voisines.

Se basant sur des considérations d'ordre anatomique et vu leur intime association, M. Sim. Radian pense que *Bucegia romanica* représenterait le produit d'un croisement entre les deux espèces signalées; les anthérozoïdes d'une espèce auraient fécondé les oosphères de l'autre.

Poursuivant l'étude d'ensemble que nous avons entreprise sur la structure cellulaire de cette hépatique, nous avons été frappée par la présence d'un champignon vivant à l'intérieur des cellules.

L'existence des champignons dans le thalle, les rhizoïdes et les inflorescences de diverses hépatiques est connue d'ailleurs depuis longtemps. Radian, dans son étude anatomique sur *Bucegia*, signale dans quelques rhizoïdes la présence de certains filaments et les attribue probablement à un champignon, mais l'auteur ne donne aucune importance au fait et il éloigne toute probabilité d'une existence de mycorhizes étant donné que ces filaments n'étaient ni constants ni abondants.

La plupart de nos coupes qui étaient destinées primitivement à l'étude de la cellule, nous ont permis d'observer les rapports entre l'hôte et le champignon hébergé, ainsi que la structure de ce dernier.

Le champignon n'infeste pas tous les thalles. Dans les thalles stériles et dans les thalles qui portent les inflorescences mâles, le champignon fait défaut. Par contre, dans le thalle qui porte l'inflorescence femelle, nous avons pu suivre l'endophyte, le voir circuler entre et dans les cellules et se pelotonner dans celles-ci.

La zone infestée du thalle se présente sous la forme d'une bande située immédiatement au-dessous du tissu chlorophyllien parallèle à l'épiderme inférieur dont elle est séparée par quelques assises de cellules.

Généralement, dans d'autres hépatiques, lorsqu'il y a infestation, la

pénétration du champignon se fait par les rhizoïdes, et ce dernier se localise dans les cellules de la face ventrale, la plus proche du sol.

Il est difficile et un peu prématuré pour notre espèce de préciser exactement l'endroit par lequel se fait la pénétration du champignon à l'intérieur du tissu. Dans nos échantillons, nous n'avons jamais trouvé de mycélium ni dans les rhizoïdes, ni dans la partie inférieure du thalle, l'endophyte restant toujours cantonné dans une zone délimitée et respectant les régions chlorophylliennes. Cependant, nous inclinons à croire que ce phénomène se fait par les rhizoïdes.

Dans le tissu, la pénétration du champignon d'une cellule à l'autre se fait par la perforation de la membrane, et l'on peut suivre la manière dont les filaments se rétrécissent au passage des cloisons.

En ce qui concerne les rapports qui existent entre l'hôte et le champignon chez les hépathiques, la question a été souvent discutée. Il s'agit de savoir si la présence du champignon constitue une symbiose, une mycorhize ou tout simplement un phénomène de parasitisme.

Nous avons examiné la structure cellulaire d'un thalle infesté et celle d'un thalle indemne et nous avons constaté que dans les cellules où le mycélium est en faible quantité, le noyau, ainsi que le cytoplasme sont intacts. Au fur et à mesure que le mycélium gagne la cellule, il devient pathogène, le noyau dégénère, le cytoplasme disparaît et la cavité cellulaire un peu hypertrophiée, se remplit d'hyphes.

Les cellules voisines où il n'y a pas d'infestation au début, sont normales, elles conservent leur noyau autour duquel s'amassent les grains d'amidon. Mais il semble que le champignon agit à distance, car ces cellules perdent peu à peu leur colorabilité; leur nucléole se vacuolise tandis que, dans les cellules les plus éloignées du lieu de l'infestation, les éléments cellulaires montrent au contraire une affinité bien accusée pour le colorant.

Le champignon est formé de filaments mycéliens cloisonnés, riches en cytoplasmes et de petites vacuoles avec des endochromidies de diverses dimensions.

Les articles sont à deux noyaux généralement, mais souvent nous avons rencontré des articles à un nombre de noyaux plus élevé.

Il est difficile de savoir s'il s'agit d'un mycélium de Basidiomycète ou d'un Ascomycète et, vu l'absence de fructification, à part les caractères indiqués, nous ne pouvons fournir, jusqu'à présent, aucun autre renseignement relatif à l'évolution de ce champignon endophyte.

TOXICOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Les digitaliques n'empêchent pas la syncope cardiaque que provoque l'adrénaline quand on la fait agir pendant l'excitation du vague.* Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Charles Richet.

Parmi les quelques faits pour l'interprétation desquels a été émise l'hypothèse d'une action vagotrope de l'adrénaline, hypothèse admise aujourd'hui par beaucoup de cliniciens, il en est deux qu'on peut interpréter beaucoup plus simplement.

Dans une Note précédente ([1]), nous avons montré, en effet, que l'action exercée par l'adrénaline sur l'intestin isolé soumis à l'action de l'acétylcholine n'est motrice qu'en apparence et ne peut par conséquent être tenue pour la manifestation d'un vagotropisme de cette phénylamine.

D'autre part, nous ([2]) avons pu démontrer, par l'enregistrement *in situ* des contractions cardiaques, que, si l'adrénaline a une action fortement inhibitrice quand on la fait agir pendant l'excitation du vague, cette action s'exerce surtout sur le ventricule, alors que les effets véritablement vagaux se manifestent principalement sur les oreillettes. Nous avons donc admis que cette action cardio-inhibitrice de l'adrénaline ne paraissait pas être d'origine vagale.

Mais notre opinion exigeait une confirmation expérimentale; aussi avons-nous cherché à réaliser une technique permettant de savoir si, sur un cœur dont le vague a été rendu partiellement inexcitable, l'adrénaline exerce encore une action inhibitrice pendant l'excitation du vague. L'emploi des digitaliques à dose convenable nous a permis de réaliser cette expérience.

Depuis les travaux de Rihl et ceux de Rothberger et Winterberg, travaux dont nous avons confirmé les résultats pour ces deux digitaliques que sont l'*Uzara* ([3]) et le *Cryptostegia* ([4]), on sait que les digitaliques à dose convenable suppriment, sur le ventricule mais non sur l'oreillette, les effets de l'excitation du vague. Nos expériences nous ont montré que si, chez le chien qui a reçu une dose d'*Uzara* suffisante pour abolir les effets ventriculaires de l'excitation électrique du bout périphérique du vague, on pratique

([1]) E. Rothlin et Raymond-Hamet, *C. R. Soc. Biol.*, 112, 1933, p. 858.
([2]) Raymond-Hamet, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1488.
([3]) Raymond-Hamet, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 971.
([4]) E. Perrot et Raymond-Hamet, *Bull. de l'Acad. de Méd.*, 108, 1932, p. 1475.

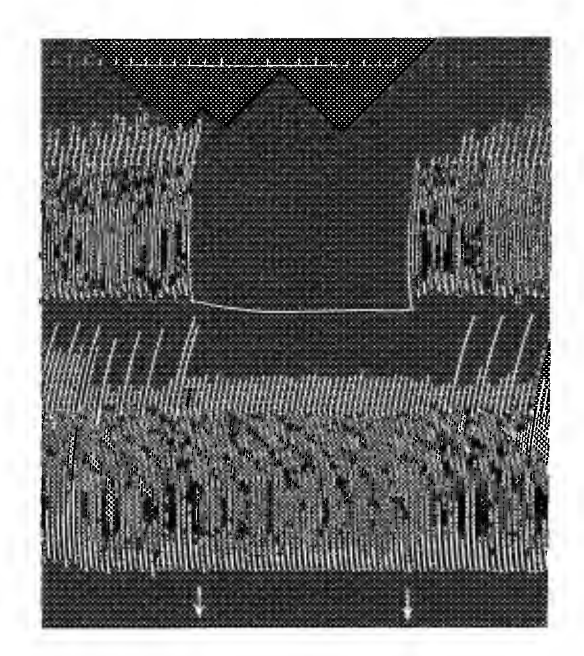


Fig. 1.

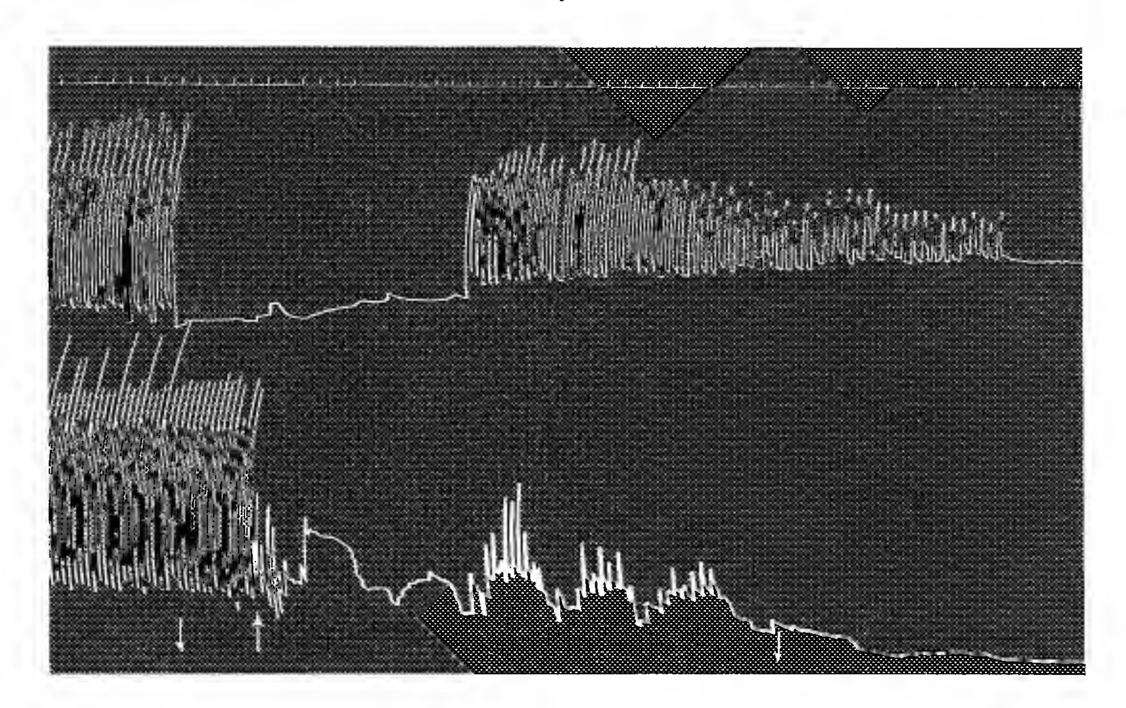


Fig. 2.

Expérience du 29-3-1928. Chien de 11^kg anesthésié par le chloralose (12^cg par kilogramme), bivagotomisé au cou, thoracotomisé, soumis à la respiration artificielle et ayant reçu, quelques minutes avant le début de l'expérience, 22^mg d'extrait hydroalcoolique d'Uzara en injection intraveineuse. Première ligne : temps en secondes; deuxième ligne : contractions auriculaires enregistrées par la méthode de suspension; troisième ligne : contractions ventriculaires enregistrées par cette même méthode. — Fig. 1 : entre les deux flèches ↓↓ on excite le bout périphérique du vague droit, l'écartement des bobines du chariot de Du Bois-Reymond étant de 5^cm. — Fig. 2 : entre les deux flèches ↓↓ même excitation du vague qu'à la figure 1. La flèche ↑ marque la fin de l'injection intraventriculaire de 0^mg,10 d'adrénaline en solution dans 1^cm3 de soluté physiologique de chlorure de sodium. Tracés réduits de 1/3.

une injection intraventriculaire d'adrénaline pendant qu'on excite le vague, on observe aussitôt un arrêt presque total du ventricule. Quelques secondes plus tard, les contractions auriculaires reparaissent sous l'effet de l'adrénaline et s'accompagnent même de quelques contractions ventriculaires extrêmement réduites. Mais très rapidement oreillettes et ventricules s'arrêtent définitivement bien qu'on cesse d'exciter le vague.

Cette expérience nous permet de penser que les effets cardio-inhibiteurs que l'adrénaline manifeste quand on la fait agir pendant l'excitation du vague, ne peuvent être attribués à une action vagotrope de cette amine.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur le comportement différent à l'égard des rayons X de la Mouche et du Papillon au cours de leur métamorphose.* Note de Mme Hufnagel et M. Marcel Joly, présentée par M. F. Mesnil.

Nous avons pu montrer (¹) que les rayons X arrêtent le développement des organes imaginaux chez *Calliphora erythrocephala* (Meigen) et empêchent l'éclosion de cette Mouche. On aurait pu croire *a priori* que des phénomènes semblables se retrouveraient chez des représentants d'autres ordres d'Insectes. Les expériences faites avec *Hyponomeuta podella* (L.) nous ont prouvé que les Lepidoptères réagissent aux radiations d'une façon toute différente.

Nous dirons ici les conditions dans lesquelles ont été faites nos expériences sur les Mouches et les Papillons et nous comparerons ensuite les résultats obtenus chez les deux Insectes.

Nous avons employé des larves et des chenilles adultes ayant cessé de se nourrir et se préparant au repos. Elles étaient placées dans des boîtes de Petri et exposées aux rayons. Voulant étudier l'effet du rayonnement secondaire, nous disposions nos boîtes sur des blocs de paraffine ou dans de la terre humide dont le rayonnement secondaire est sensiblement analogue à celui de la paraffine :

(¹) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 726.

Expériences sur les Mouches.

Dose.	Étincelle.	Distance.	Temps d'irradiation.		
500R	40 cm	45 cm	11 minutes	paraffine	sans filtre
2900	»	35	56 »	»	»
3500	»	32	56 »	»	»
10000	»	16	56 »	»	»
10000	»	47	4 h. 10 min.	»	»
15000	»	34	5 heures	»	»
20000	»	30	5 »	»	»
34000	»	26	5 »	»	»
86000	»	23	5 »	»	»

Les doses de 500R, 2900R, 3500R et 10000R en 56 minutes ont permis l'éclosion des Mouches dans les proportions normales. Les doses de 10000R données en 4 heures 10 minutes et 15000R en 5 heures ont empêché la sortie des imagos tout en permettant l'évolution normale des organes de néoformation. Enfin les doses de 20000R, 34000R, 86000R, arrêtant la prolifération caryocinétique des éléments imaginaux, ont empêché le développement des organes spécialisés de la Mouche.

Expériences sur les Papillons.

Dose.	Étincelle.	Distance.	Temps d'irradiation.		
700R	33 cm	25 cm	3 h. 20 min.	terre humide	sans filtre
10000R	33	25	1 h. 20 min.	rayonnement direct	»
20000R	33	25	6 heures	terre humide	»
30000R	40	25	2 h. 45 min.	paraffine	»
40000R	40	25	3 h. 20 min.	paraffine	»
50000R	40	25	4 h. 15 min.	paraffine	»
80000R	40	25	6 h. 40 min.	paraffine	»

Dans tous les lots les chenilles ont filé leur cocon entre le 3ᵉ et le 5ᵉ jour après l'irradiation. L'éclosion a eu lieu entre le 14ᵉ et le 16ᵉ jour de la nymphose. La plupart des Papillons ont pu vivre pendant plusieurs jours et ne différaient pas des Papillons témoins. Quelques-uns cependant appartenant au lot ayant reçu 80000R faisaient exception. Ils présentaient des ailes ternes, dépourvues d'écailles et de taches pigmentaires. Ils ne pouvaient pas voler, bougeaient à peine et mouraient peu après l'éclosion. Examinés au microscope, tous ces Papillons présentent des organes normalement constitués.

Il ressort donc de nos expériences que *la dose de* 20000R *arrête le dévelop-*

pement des organes imaginaux chez la Mouche tandis que la dose quatre fois plus forte soit 80000 R *n'a aucune action sur la métamorphose normale du Papillon.*

Les résultats si diamétralement opposés chez *Calliphora* et *Hyponomeuta* nous paraissent pouvoir être expliqués par les connaissances que nous avons sur la métamorphose normale de ces deux Insectes.

Chez la Mouche, les organes homologues sont constitués chez la larve et chez l'imago par des cellules entièrement différentes et il y a, pendant la nymphose, substitution des éléments imaginaux aux éléments larvaires détruits et résorbés.

Au contraire chez le Papillon, les organes imaginaux dérivent de leurs homologues larvaires par un remaniement où les cellules sont conservées soit telles quelles (corps gras), soit avec une prolifération (muscles, hypoderme) de manière à donner les cellules imaginales.

On conçoit que l'irradiation, sans effet sur les cellules déjà présentes et différenciées, empêche au contraire la multiplication et la différenciation des cellules restées jusque-là embryonnaires. Ainsi s'explique que chez la Mouche la forme nymphale puisse se réaliser par l'utilisation des cellules des disques imaginaux qui compensent, par leur accroissement de taille, leur prolifération ultérieurement supprimée et que les organes à différenciation plus tardive comme l'hypoderme du corps, les muscles des pattes et des ailes, le corps gras imaginal fassent défaut.

Chez le Papillon, au contraire, le remaniement reste possible après l'irradiation et la métamorphose peut aboutir à l'achèvement d'un imago viable.

Peut-être faut-il songer aussi à une différence de sensibilité tenant à la nature intrinsèque des cellules chez deux insectes de position systématique aussi éloignée.

D'autre part si l'on se rappelle qu'on obtient chez l'homme des lésions de radionécrose cutanée massive avec des doses qui ne dépassent pas 5000 R, qu'on a obtenu la cytolyse *in vitro* des cellules sarcomateuses avec des doses de 22000 R, la résistance exceptionnelle que nous avons constatée, des cellules d'insectes à des doses formidables de 80000 R nous paraît remarquable.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur les forces électromotrices développées par l'Homme en contact avec un conducteur métallique.* Note de M. **Fred Vlès**, M[lles] **Anna Grossmann** et **Madeleine Gex**, présentée par M. d' Arsonval.

L'un de nous a récemment signalé que, dans certaines conditions, les forces électromotrices développées par des enfants en contact avec un conducteur métallique placé sur la peau étaient susceptibles de présenter une évolution journalière, grossièrement parallèle pour les divers sujets et reliée vraisemblablement, d'autre part, à une variable de la conductance atmosphérique (¹). Nous avons essayé de retrouver des traces du même phénomène chez l'adulte.

1. *Dispositif.* — Quatre sujets adultes, menant leur vie ordinaire sans régime spécial, ont été suivis durant près de deux mois et mesurés en principe deux fois par jour. Chaque sujet, assis, avait une lame de platine placée sur la peau de la jambe gauche, à un endroit identique, cette électrode étant d'autre part reliée à la terre; un second contact était réalisé, à la main droite, par l'intermédiaire d'un tampon mouillé de solution physiologique de $NaCl$, avec une électrode au calomel saturé. On mesurait au potentiomètre, par opposition, la force électromotrice de la chaîne comprise entre l'électrode au calomel et l'électrode de platine. D'autre part, la déperdition atmosphérique était soumise à plusieurs mesures quotidiennes au moyen de deux ionomètres placés dans le laboratoire (Strasbourg).

2. *Établissement du potentiel de régime.* — L'électrode étant mise en contact avec la peau (préalablement humectée avec une trace d'eau distillée) il y a un temps d'équilibration plus ou moins long (de quelques minutes à une heure) jusqu'à une valeur stable du potentiel; le régime final peut être atteint suivant les cas, soit par des chemins de potentiels décroissants, croissants ou mixtes, soit enfin s'établir d'emblée (à la manière d'un point isopotentiel de métal). Les courbes à potentiels croissants ont été les plus fréquentes; pour les quatre sujets, la fréquence des courbes à établissement d'emblée a différé, et paru croître avec l'âge : on a donc eu à ce point de vue des sujets le plus souvent « stables » et des sujets le plus souvent « instables ». Sur ces courbes d'établissement du potentiel, se greffent parfois des irrégularités, reliables au premier abord à des accidents physio-

(¹) F. Vlès, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 216.

logiques banaux (crampes musculaires, sensations de froid, pression de l'électrode, etc).

3. *Évolution des forces électromotrices en fonction du temps.* — Si l'on considère l'ensemble des mesures faites pendant 2 mois sur les potentiels d'équilibre finals des quatre sujets, les 4/5e des pointés se sont placés dans une zone régulière d'une centaine de millivolts de large, et fluctuant lentement (compte tenu de la f. é. m. de la pile au calomel) entre — 450 et — 300 millivolts (minimum au début janvier, maximum à la fin janvier). *Le dernier cinquième a réalisé par contre, par rapport à cette zone moyenne, des chutes assez brusques de potentiel,* dans lesquelles celui-ci pouvait descendre de plus de 200 millivolts, avec remontée au bout d'une demi-journée à un jour et demi; ces chutes ont donné à l'ensemble du graphique un aspect en arcades caractéristique. L'examen montre que parmi elles deux catégories sont à faire : les unes sont des *chutes individuelles* de la courbe de tel ou tel individu; chutes en général petites, irrégulières, et paraissant liées à des événements physiologiques personnels (débuts du cycle cataménial, etc.). Les autres, le plus souvent d'amplitude forte, sont au contraire des *chutes collectives*, intéressant simultanément (avec un décalage de l'ordre de la demi-journée) les courbes des divers individus examinés. Elles sont analogues aux phénomènes qui avaient été vus chez les nourrissons. L'amplitude diffère pour les divers sujets : les individus « instables » ayant des courbes profondément incisées, et les individus « stables » simplement de légères dénivellations. Ces chutes collectives ont été particulièrement fréquentes dans certaines périodes (1 à 8 février), et particulièrement rares dans d'autres (5 à 11 janvier, 8 à 15 février). *Il paraît donc y avoir eu à certains moments des causes extérieures générales dénivelant les forces électromotrices des divers sujets.*

4. *Comparaison avec les courbes de déperdition.* — Si l'on compare le graphique des forces électromotrices obtenues au cours des deux mois avec le graphique des conductances tirées de la mesure de la déperdition atmosphérique (graphique qui est aussi composé d'une série d'oscillations successives), il est impossible de ne pas remarquer que *les chutes de potentiel collectives se sont généralement produites peu après les crêtes des plus grandes oscillations de la conductance* (le décalage étant de 0 à 1 jour et demi, ces dernières valeurs plus fréquentes). Il ne semble cependant pas que cette grossière coïncidence dépasse un accord entre les crêtes principales des deux graphiques, et qu'une covariation complète subsiste dans les deux groupes de valeurs au-dessous d'une certaine limite de conductance, tout

se passant comme s'il y avait plusieurs phénomènes superposés. Effectivement, si l'on fait appel aux méthodes statistiques et qu'on étudie la totalité des pointés, les polygones de fréquence obtenus sont le plus souvent polymodaux.

5. *Nature des potentiels.* — La signification des forces électromotrices mises en évidence dans les conditions actuelles est complexe : elles relèvent de plusieurs origines. Il y a avant tout le potentiel mis en jeu au niveau de la lame de platine en contact avec la mince pellicule d'humidité superficielle de la peau : c'est avant tout un « potentiel de platine » (au signe près), relevant du pH et des propriétés oxydo-réductrices des solutions imbibant cette surface, avec un énorme terme perturbateur dû à la proximité de la paroi solide. Il y intervient aussi, secondairement, l'ensemble des forces électromotrices apparues dans la chaîne entre l'électrode de platine et celle au calomel : par exemple les courants de peau, et divers courants d'action de l'organisme (contraction musculaire). Or dans un travail récent, Purdy, Johnson et Sheard [1] ont montré des relations entre la valeur des courants de peau et les écarts du métabolisme basal; il ne serait donc pas impossible qu'en suivant cette donnée on aboutît à une hypothèse de travail explicitant les relations générales diverses aperçues dans le comportement des organismes vis-à-vis de la déperdition atmosphérique.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Intradermoréaction à la fièvre boutonneuse.* Note de MM. **Jean Caminopetros** et **B. Contos**, présentée par M. Roux.

Comme nous l'avons montré [2], le sérum des convalescents de fièvre boutonneuse et d'animaux immunisés neutralise, à doses relativement faibles, le virus boutonneux (émulsion de tiques) qui, injecté dans le péritoine du Cobaye, provoque sûrement la périochite fébrile. De nouvelles expériences, faites avec le sérum de 18 malades prélevé à divers intervalles à la fin de la période fébrile et de la convalescence, nous ont montré que le pouvoir neutralisant du sérum est déjà très manifeste à partir du neuvième jour de la fièvre et qu'il atteint son maximum au quinzième jour de l'apyrexie. Au cours de ces recherches nous avons trouvé que l'injection intradermique du virus (émulsion de vaginale de cobaye avec lésions

---

(1) *Science*, 46, 1931, p. 73; Purdy et Sheard, *Journ. exp. Med.*, 54, 1931, p. 789-800.

(2) Jean Caminopetros et B. Contos, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 546.

typiques ou du broyat de tiques infectées) chez l'homme ou les animaux sensibles mettait en évidence une réaction spécifique de la peau, qui permettait l'étude de l'établissement de l'immunité chez des malades et des convalescents ou de la réceptivité individuelle en général.

Le virus injecté dans le derme, même à de faibles doses de $0^{cm^3},5$ à 1^{cm^3} d'une émulsion de deux vaginales dans 7^{cm^3} d'eau physiologique, chez des sujets judiciables de la pyrétothérapie, détermine constamment une réaction inflammatoire de la peau d'aspect et d'évolution particulières, suivie de fièvre boutonneuse typique; avec cette anomalie seulement que la fièvre débute 24 heures après l'injection, et le temps de l'incubation se confond avec la maladie. Quatre sujets injectés dans le derme avec 1^{cm^3} de virus, émulsion de vaginale riche en *Rickettsia*, ont tous présenté cette évolution particulière de l'infection; la lésion cutanée, caractérisée par une infiltration œdémateuse de la peau, dont la teinte, formée de zones concentriques, est violacée au centre avec un endroit de nécrose et rouge clair à la périphérie, donne l'aspect par ses caractères et son évolution, d'une tache noire géante.

La conservation du virus à la glacière à -1° paraît amener un affaiblissement net de la virulence au bout d'une semaine. Ce virus chauffé à 50° pendant une demi-heure à 1 heure ou additionné de formol à 2 pour 1000, fournit un antigène qui injecté dans la peau de sujets neufs ne produit pas d'infection mais garde son action spécifique sur la peau. Si l'on injecte 1/4 de centimètre cube d'un tel antigène dans le derme d'un sujet neuf, il produit une réaction de la peau, du type de la tache noire. En ce cas une heure après l'injection apparaît une infiltration œdémateuse de la peau de 3 à 6^{cm} de diamètre environ, formant un halo rouge, qui s'accroît jusqu'à 48 heures et persiste, en s'affaiblissant, pendant 3 à 4 jours. Elle finit par la formation d'une papule de teinte cuivrée à l'endroit de l'injection, encore visible au bout d'un mois; nous l'avons observée constamment chez 18 sujets; chez quelques-uns, le lendemain de l'injection, faite généralement à l'avant-bras, l'œdème s'étendait sur toute la face externe; dans un cas il fut accompagné d'une légère élévation de température ($37^{\circ},6$) de courte durée. La répétition de l'injection de l'antigène à plusieurs reprises, 8 fois en deux mois chez un sujet, paraît influencer mais tardivement l'évolution de la réaction cutanée. Chez des malades ou des convalescents de fièvre boutonneuse, l'évolution de la réaction cutanée à l'injection intradermique de l'antigène, faite aux mêmes doses que chez les sujets neufs, se montre entièrement différente; la papule blanche qui se forme dans le

derme par le liquide injecté reste telle pendant plusieurs heures; et ce n'est qu'au lendemain qu'apparaît à sa place une tache rose qui se transforme plus tard en papule de teinte cuivrée; l'intradermoréaction a été pratiquée à divers intervalles au cours de la maladie (5 malades) et de la convalescence (6 sujets) constamment avec les mêmes résultats du dixième jour de la fièvre jusqu'au deuxième mois après la fin de la maladie.

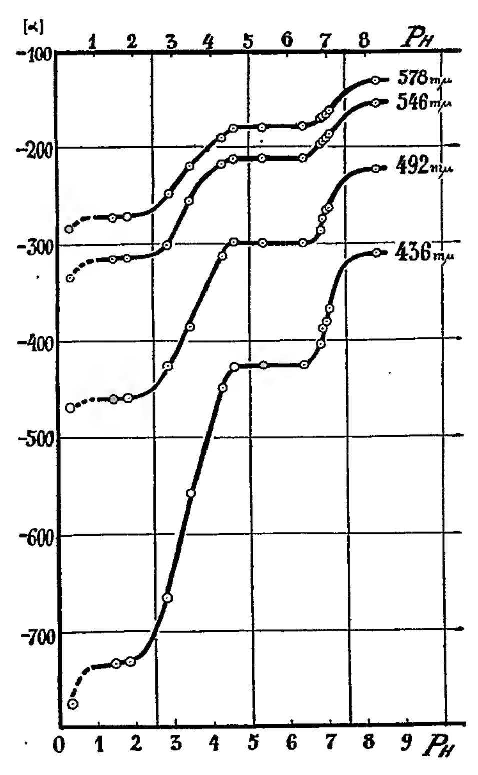
Dans un cas de contamination de laboratoire nous avons obtenu le résultat au huitième jour de la fièvre, quatrième jour après l'apparition de l'éruption, tandis qu'un sujet neuf présenta une forte réaction. Cette modification de la réaction de la peau chez des malades et des convalescents vis-à-vis de l'antigène boutonneux devient plus manifeste à la suite de l'injection du virus; injecté à la dose de 1^{cm^3} qui provoque sûrement chez des sujets neufs une fièvre boutonneuse typique, on n'obtient que la formation d'un nodule limité à la place, occupée par le liquide injecté; dans aucun cas les tissus environnants ne réagissent. Ces résultats peuvent être expliqués par la neutralisation du virus par les anticorps existant dans l'organisme des malades et des convalescents. En effet le virus mélangé à du sérum des convalescents et injecté, 6 à 12 heures après, à des sujets neufs aux mêmes doses que le virus pur, ne produit qu'une lésion locale limitée à l'endroit inoculé; identique à celle obtenue chez des convalescents par l'antigène boutonneux. Un antigène préparé avec l'émulsion d'un cerveau entier (dans 10^{cm^3} d'eau physiologique) de Cobaye infecté est peu actif : d'ailleurs la réaction cutanée que provoque l'injection intradermique du virus cerveau à la dose de 1 à 2^{cm^3} chez des sujets neufs est de même faible; et dans aucun cas elle ne fut suivie d'infection typique.

Des résultats analogues sont observés chez des animaux immunisés ou réceptifs. L'action spécifique de la *Rickettsia* de la fièvre boutonneuse sur la peau de l'homme et des animaux sensibles complète la diagnose de ce parasite qu'a décrit l'un de nous sous le nom de *Rickettsia Blanci*, *n. sp.* (*Congrès Intern. d'Hygiène Médit.*).

L'intradermoréaction avec l'antigène ou le virus boutonneux est un moyen pour la recherche de l'immunité ou de la réceptivité individuelle chez l'homme et les animaux. Elle pourrait être utilisée pour le diagnostic de l'infection mais aussi pour la classification de diverses *Rickettsia*.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Le pouvoir rotatoire des sels de quinine en solution aqueuse.* Note (¹) de M. **Charles Lapp**, présentée par M. Delépine.

Le pouvoir rotatoire des sels de quinine paraît dépendre beaucoup de l'acide et des conditions de la dissolution : concentration, acidité (²). En réalité, les anions et cations optiquement actifs, la base quinine en par-



Pouvoir rotatoire spécifique et dispersion rotatoire de la quinine base en fonction du pH de la solution.

ticulier, sont seuls causes du pouvoir rotatoire (³), (⁴). En vertu des équilibres de dissociation, ce dernier est la somme de tous les effets dus à toutes les particules actives. La courbe représentative de [α] en fonction du pH est

(¹) Séance du 20 mars 1933.

(²) *Codex medicamentarius*, p. 558 à 571.

(³) Vlès et Vellinger, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 741.

(⁴) Mlle Liquier, *Thèse*, Paris, 1927, p. 36.

une suite de courbes en S qui présentent des points d'inflexion à chaque P_k de dissociation de la molécule active. Les deux P_k de la quinine étant assez différents, la courbe est formée de deux S séparés par un large palier.

J'ai repris les mesures de Mlle Liquier en les effectuant dans des conditions très diverses. Pour tracer les courbes, j'ai utilisé des solutions de quinine très pure en concentration toujours inférieure à 1 pour 100. Le graphique montre comment varie $[\alpha]$ en fonction du pH des solutions : on reconnaît le palier où $[\alpha]$ reste constant entre les valeurs 4,6 et 6,5 du pH correspondant à un certain état d'équilibre entre les molécules de quinine non dissociées et celles à 1 et 2 degrés de dissociation, ces dernières étant en grande majorité au palier. On voit aussi le commencement de la variation anormale du pouvoir rotatoire dans les solutions fortement acides, en rapport avec un effet d' « activité ».

Il en résulte une conséquence importante au point de vue de la chimie analytique : en opérant en solution, dont le pH a été réglé au voisinage de 5,5 par addition convenable d'acide ou de soude et en observant le virage du *rouge de chlorophénol*, on peut doser la quinine dans tous ses sels sans s'occuper de l'acide auquel elle est combinée, ni de la concentration variable dans un intervalle compris, selon les cas, entre 0,25 et 3 pour 100. J'ai effectué des comparaisons soignées entre le dosage optique et le dosage pondéral de la base par la méthode pondérale à l'acide silico-tungstique d'Yvon, Javillier et Guérithault [1]. L'acidité est produite par les acides : sulfurique, chlorhydrique, bromhydrique, formique et glycérophosphorique. Pour les besoins du dosage, on utilisera, pour chaque longueur d'onde, les pouvoirs rotatoires spécifiques caractéristiques :

pH = 5,5					
λ........	598	578	546	492	436
$[\alpha]$.......	−172	−180	−212	−300	−426

La méthode optique de dosage de la base, qui est aussi exacte que la méthode pondérale, devient alors très rapide et pratiquement applicable aux liqueurs extractives aqueuses.

A 15h50m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h30m.

A. Lx.

(1) Javillier et Guérithault, *B. Sc. Pharmacol.*, 18, 1911, p. 94.

ERRATA.

(Séance du 6 mars 1933.)

Note de M. *L.-J. Spencer*, L'origine des tectites :

Page 712, ligne 14, *ajouter :* Avec P^2O^5, 0,02. Dans le tableau, analyse 5, ligne 3, *au lieu de* 3,80, *lire* 5,6.

(Séance du 20 mars 1933.)

Note de MM. *Gabriel Bertrand* et *Yônosuke Okada*, Sur l'existence de plomb dans la terre arable :

Page 826, ligne 7 de la Note, *au lieu de* à des premiers essais, *lire* à de premiers essais.

Note de M[me] *Réchid*, Sur la pluralité des acides métaphosphoriques :

Page 861, ligne 10, *au lieu de* réversiblement, *lire* irréversiblement.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 AVRIL 1933.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES RICHET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les causes de la production simultanée du butène-1 et du butène-2 au cours de la déshydratation catalytique de l'alcool butylique par l'alumine.* Note de MM. **Camille Matignon, Henri Moureu** et **Maurice Dodé**.

Les travaux classiques de Sabatier et de Senderens ont mis en lumière l'importance du rôle des oxydes en vue de l'obtention des carbures éthyléniques par déshydratation des alcools.

Un tel procédé permet d'obtenir très aisément les deux premiers termes à l'état de pureté, car ils ne présentent pas d'isomères. Mais la réaction se complique dès que l'on s'adresse aux alcools homologues, du fait que des phénomènes de transposition, chez les carbures éthyléniques formés, viennent, sans qu'on en connaisse la cause, se superposer à la réaction primaire de déshydratation. En se limitant au seul cas de l'alumine utilisée comme catalyseur, on a observé, par exemple, que le butanol-1 $CH^3-CH^2-CH^2-CH^2OH$, qui fait l'objet de nos recherches, peut fournir, à côté du carbure attendu, le butène-1 $CH^3-CH^2-CH=CH^2$, des quantités parfois importantes de butène-2 $CH^3-CH=CH-CH^3$, et même d'isobutylène $(CH^3)^2C=CH^2$. De plus, les proportions dans lesquelles se forment ces trois carbures, même dans des conditions expérimentales en apparence analogues, apparaissent comme très variables, les

résultats pouvant aller, suivant les expérimentateurs, jusqu'à une inversion complète dans la nature des carbures finalement obtenus [1].

Ayant observé nous-mêmes expérimentalement ces anomalies, nous en avons recherché les raisons. Des essais systématiques nous ont permis d'attribuer à la composition de l'alumine, utilisée comme catalyseur, la cause des contradictions observées. Le procédé suivant lequel l'alumine est obtenue et purifiée peut, en effet, laisser subsister de petites quantités de composés capables de provoquer l'isomérisation des carbures formés. Ainsi, c'est à la présence de traces de produits acides contenus dans l'alumine par adsorption ou par combinaison avec elle, que l'on doit, pour une part prépondérante, attribuer la transformation du butène-1 en butène-2.

La vérification expérimentale du mécanisme proposé ci-dessus a été effectuée en préparant divers échantillons d'alumine que l'on a soumis à des lavages répétés avec des solutions appropriées. L'alumine était obtenue, comme on le fait habituellement, en la précipitant, à l'aide d'ammoniaque, d'une solution d'un sel pur d'aluminium, tel que l'alun d'ammonium. La déshydratation du butanol-1 est opérée en phase gazeuse, à une température de 330-380°; les carbures éthyléniques qui en résultent sont immédiatement transformés en dibromures; les points d'ébullition de ces composés étant bien connus [2], la courbe de fractionnement du mélange permet de rendre compte d'une manière satisfaisante de l'allure des phénomènes. Pour plus de sécurité, une méthode permettant d'évaluer d'une manière plus précise les proportions des isomères a été mise au point; elle sera décrite dans une publication à part.

Les catalyseurs mis en œuvre se rangent, suivant l'orientation qu'ils donnent à la réaction, en deux catégories bien distinctes :

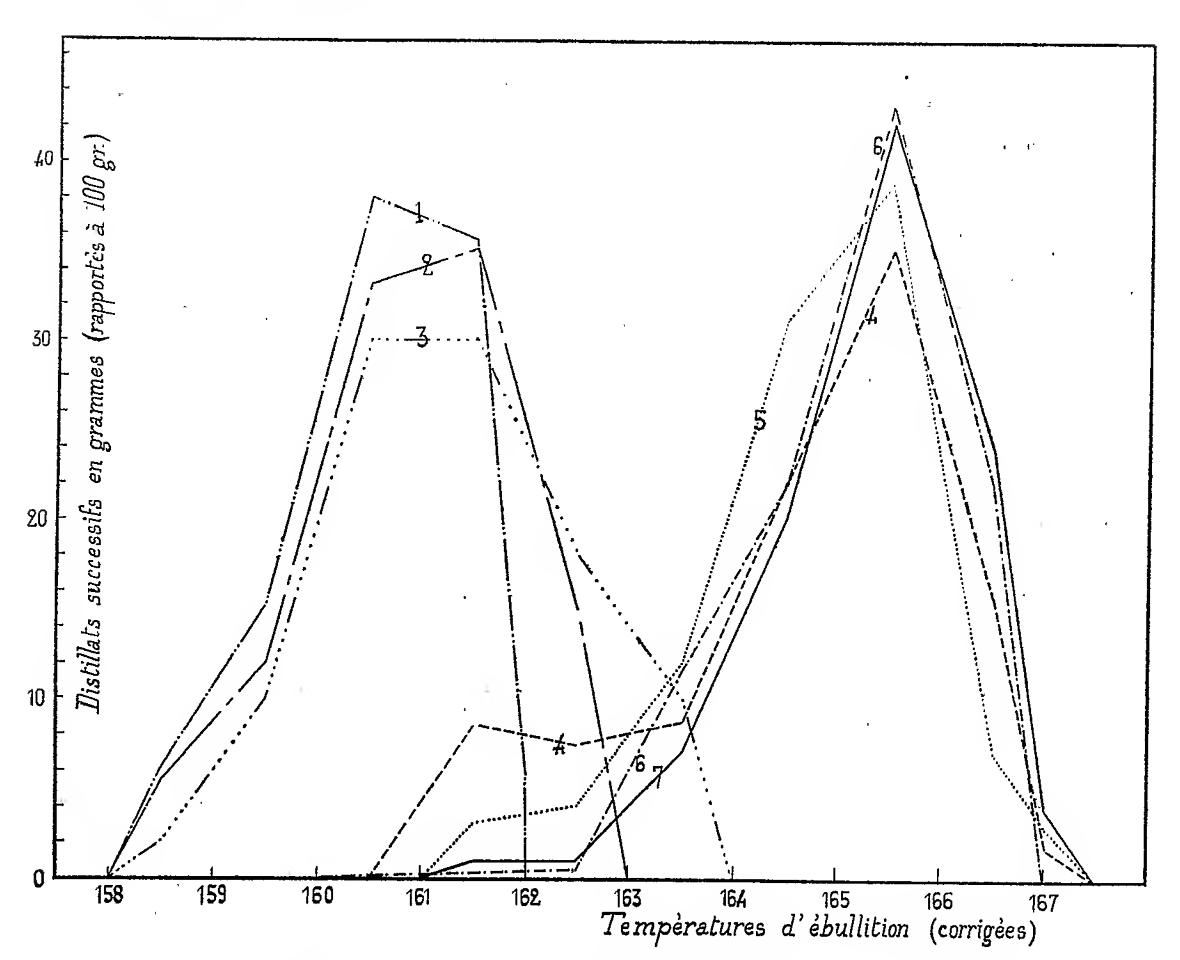
1° Les catalyseurs, que l'on a privés aussi complètement que possible de toute acidité, fournissent une quantité prépondérante de butène-1 $CH^3-CH^2-CH=CH^2$ (85 pour 100 environ), le reste étant exclusivement constitué par du butène-2. Il suffit pour obtenir ce résultat de laver l'alumine soit avec une solution alcaline étendue (bicarbonate de calcium,

---

(1) Voir à ce sujet SENDERENS, *Ann. Chim. Phys.*, 25, 1912, p. 495; WEIZMANN et LEGG, brevet anglais, n° 165 452, 1916; LÉPINGLE, *Bull. Soc. chim.*, 39, 1926, p. 741; YOUNG et LUCAS, *J. Am. Chem. Soc.*, 52, 1930, p. 1964.

(2) Dibromobutane 1.2 $CH^3-CH^2-CHBr-CH^2Br$ (Éb. 165°,6-166°); dibromobutanes 2.3 $CH^3-CHBr-CHBr-CH^3$ (Éb. 158° pour l'isomère *cis*; Éb. 161° pour l'isomère *cis-trans*).

courbe 5; bicarbonate de sodium, courbe 6), soit même avec de l'eau ordinaire (courbe 7) dont l'action favorable s'explique par la présence de bicarbonates alcalino-terreux.



2° Par contre, les catalyseurs dans lesquels subsiste une quantité, même faible, d'un composé à caractère acide, fournissent en proportion prépondérante du butène-2 $CH^3 - CH = CH - CH^3$ (90 pour 100 environ), le seul carbure formé simultanément étant du butène-1. La courbe 1, qui correspond à une alumine où l'on a introduit volontairement un composé acide, par lavage avec une solution de sulfate d'aluminium au dix-millième, traduit clairement l'action isomérisante que l'on provoque par ce procédé. Il est intéressant de noter que l'alumine, lavée avec de l'eau distillée jusqu'à disparition des caractères analytiques de l'ion acide, est capable de consti-

tuer, elle aussi, un catalyseur excellent pour l'obtention du butène-2 (courbe 2). Ce résultat n'a rien de surprenant lorsqu'on se rappelle combien des composés tels que l'alumine retiennent fortement les sels présents ou formés lors de leur précipitation, en particulier le sulfate basique d'aluminium, dont le caractère acide est encore prononcé. L'action isomérisante du catalyseur obtenu dans ces conditions s'explique alors, d'après ce qui précède, en supposant une élimination incomplète soit d'un sous-sel à caractère acide, soit même d'un sel neutre, comme le sulfate d'ammonium, susceptible de réagir sur l'alumine lors du chauffage en donnant un composé acide.

Il nous a même été possible de manifester de façon probante la présence réelle dans l'alumine de l'impureté isomérisante incriminée et de mettre en évidence l'action qui lui est propre : il suffit, en effet, de chauffer vers 650° une alumine lavée, comme il a été dit plus haut, avec de l'eau distillée, et fournissant par suite du butène-2 $CH^3 - CH = CH - CH^3$ (courbe 2), pour observer un léger dégagement d'anhydride sulfurique : le composé étranger ayant été ainsi détruit, il se produit alors une inversion totale de la réaction, et cette même alumine fournit désormais du butène-1

$$CH^3 - CH^2 - CH = CH^2$$

en quantité prépondérante (courbe 4) lorsqu'on l'utilise à nouveau à sa température habituelle de fonctionnement. La comparaison de ces deux courbes, obtenues à partir d'une même alumine initiale, est particulièrement démonstrative.

En résumé, il ressort de ces expériences que l'on doit discerner deux processus bien distincts dans le mode d'action d'un oxyde, tel que l'alumine, sur un alcool, comme le butanol-1, susceptible, par déshydratation, de donner simultanément naissance à plusieurs carbures isomériques :

1° Réaction de déshydratation avec formation normale de butène-1 $CH^3 - CH^2 - CH = CH^2$, due à l'oxyde lui-même;

2° Réaction d'isomérisation se superposant à la précédente, provoquée par des traces de catalyseurs acides présents dans l'oxyde mis en œuvre [1].

Nous aboutissons également à la curieuse conclusion suivante : il est possible, à l'aide d'un même oxyde, l'alumine par exemple, et suivant les modes de traitement que l'on fait subir à ce catalyseur au cours de sa pré-

[1] Cette interprétation est en accord avec les élégantes expériences de Gillet relatives au sulfate d'aluminium (*Bull. Soc. chim. Belg.*, 29, 1920, p. 192).

paration, de favoriser, à volonté, la formation, soit du butène-1

$$CH^3 - CH^2 - CH = CH^2,$$

soit du butène-2

$$CH^3 - CH = CH - CH^3.$$

DIFFUSION MOLÉCULAIRE. — *Sur la dépolarisation de la lumière diffusée par un cristal uniaxe lorsque l'axe optique est parallèle au rayon diffusé. Étude expérimentale et considérations théoriques.* Note [1] de M. **J. Cabannes.**

L'intensité et la polarisation des radiations diffusées par un cristal changent avec l'orientation du cristal par rapport au trièdre trirectangle fixe $Oxyz$ défini par le rayon incident Ox, le rayon diffusé Oy et la normale Oz au plan de diffusion. J'ai déja montré l'intérêt que présente l'étude d'un cristal orienté de telle manière qu'un de ses axes soit parallèle à Oz ou à Ox [2] : on reconnaît immédiatement ainsi les vibrations symétriques par rapport à cet axe.

Mais on peut aussi examiner le cristal après avoir orienté l'axe parallèlement à Oy. Si l'on a affaire à un cristal uniaxe, on observe un fait important : *Toutes les raies Raman d'un cristal uniaxe dont l'axe a été orienté suivant le rayon diffusé sont complètement dépolarisées* ($\rho = i/I = 1$). *Les deux spectres i et I ne se distinguent pas l'un de l'autre.* Par exemple [3], on observe la dépolarisation totale de toutes les raies connues de la calcite et du nitrate de sodium. En particulier, *la raie symetrique* 1087 cm^{-1} *de l'ion* CO^3 *dans la calcite et la raie symétrique* 1074 cm^{-1} *de l'ion* NO^3 *dans le nitrate de sodium sont complètement dépolarisées* ($\rho = 1$).

Ce résultat est inexplicable si l'on conserve, dans l'étude des cristaux, le modèle moléculaire de Langevin avec lequel on a pu construire la théorie de la diffusion de la lumière par les fluides [4]. En effet, au modèle de Langevin est lié l'ellipsoïde des réfractivités; dans le cas d'un cristal

(1) Séance du 27 mars 1933.

(2) J. Cabannes, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2134; 195, 1932, p. 1353.

(3) J. Cabannes, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1041; J. Cabannes et D. Osborne, *ibid.*, 193, 1931, p. 156; J. Cabannes, *Transactions of the Faraday Society*, 25, 1929, p. 823; D. Osborne, *Thèses* de l'Université de Montpellier, 1931.

(4) J. Cabannes, *La diffusion moléculaire de la lumière*, Paris, 1930; J. Cabannes et Y. Rocard, *Journal de Physique*, 10, 1929, p. 52; J. Cabannes, *Annales de Physique*, 18, 1932, p. 285.

uniaxe, c'est un ellipsoïde de révolution, et il reste de révolution au cours d'une oscillation symétrique par rapport à l'axe optique. Mais alors la raie Raman donnée par cette oscillation devrait être complètement polarisée ($\rho = 0$) aussi bien dans le cas où l'axe optique est orienté suivant le rayon diffusé que dans le cas où il est orienté suivant le rayon incident. Or cette conclusion est contredite par l'expérience. Il faut donc renoncer à l'ellipsoïde des réfractivités.

Pour expliquer la dépolarisation observée je reviendrai à la formule de Kramers-Heisenberg [1]. Avec les notations adoptées dans une Note précédente [2], une raie Raman d'oscillation $m \to n$ peut être considérée comme émise par le moment électrique dont l'amplitude a pour projections :

$$X_R = \alpha \sum_k X(kn) \begin{Bmatrix} Y(mk) \\ Z(mk) \end{Bmatrix} + \gamma \sum_k X(mk) \begin{Bmatrix} Y(kn) \\ Z(kn) \end{Bmatrix};$$

$$Z_R = \alpha \sum_k Z(kn) \begin{Bmatrix} Y(mk) \\ Z(mk) \end{Bmatrix} + \gamma \sum_k Z(mk) \begin{Bmatrix} Y(kn) \\ Z(kn) \end{Bmatrix}.$$

---

(1) Je dois cependant faire remarquer ici que c'est en partant de la formule de Kramers–Heisenberg que Manneback, puis Placzek sont arrivés au modèle de Langevin avec son ellipsoïde des réfractivités. Leur déduction n'est pas correcte. Comme Manneback applique ses formules aux liquides, il aboutit à des conclusions exactes. Mais Placzek paraît les étendre à tort aux cristaux; Matossi écrit dans un article récent (*Physikalische, Zeitschrift* **34**, 1933, p. 231) que la raie 1087 cm^{-1} de la calcite devrait être complètement polarisée, selon Placzek, dans le cas où l'axe optique est parallèle au rayon diffusé.

(2) J. Cabannes et D. Osborne, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 1410. Dans cette Note nous avions surtout cherché à schématiser nos résultats expérimentaux. Mais lorsqu'on étudie de plus près, en mécanique ondulatoire, les systèmes polyatomiques à axe de symétrie et leurs transitions électroniques, on retrouve notre schéma. Si l'état initial m et l'état final n sont symétriques par rapport à l'axe, les deux moments électriques $\vec{P}(mk)$ et $\vec{P}(kn)$ sont, *tous les deux*, soit parallèles, soit perpendiculaires à l'axe. Si l'état final n est antisymétrique par rapport à un axe binaire, les deux moments sont, *l'un* parallèle, *l'autre* perpendiculaire à l'axe. Si l'on a un axe d'ordre supérieur à 2, des oscillations dégénérées apparaissent, et les moments $\vec{P}(mk)$ et $\vec{P}(kn)$ que fait intervenir une raie Raman dégénérée peuvent être, soit tous les deux perpendiculaires à l'axe; soit l'un perpendiculaire et l'autre parallèle. Comme suite à ces remarques, je dois rectifier une erreur que nous avions commise dans la Note citée, et que m'a signalée Manneback. Dans les émissions de lumière, $m \to k \to n$, $m \to l \to n$, $m \to r \to n$, ce ne sont pas les intensités lumineuses qui s'ajoutent, mais les amplitudes des vecteurs. Si l'on observe une addition des intensités, c'est que l'état final a changé : on peut avoir, par exemple, deux raies voisines (une symétrique et une dégénérée) que le spectrographe n'a pas séparées.

Par symétrie, lorsque l'axe optique est dirigé suivant Oy, les composantes $X(kn)$ et $Z(kn)$ d'une part, $X(mk)$ et $Z(mk)$ d'autre part, sont égales, ce qui donne $X_R = Z_R$ et $\rho = 1$.

Pour retrouver d'une manière simple le fait expérimental, on peut imaginer qu'une vibration lumineuse excitatrice perpendiculaire à l'axe optique fait apparaître dans la molécule un moment électrique induit circulaire, droit ou gauche. Si les moments circulaires induits dans un grand nombre de molécules identiquement orientées n'ont aucune relation de phase, le rayon diffusé dans la direction de l'axe transportera de la lumière naturelle, conformément à l'expérience.

Dans un liquide, *où les molécules sont orientées au hasard*, cette manière de voir se confond avec la théorie habituelle de l'anisotropie moléculaire : on doit effectuer un calcul de moyennes qui conduit dans les deux cas au même résultat.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Décomposition catalytique, en phase gazeuse, des éthers-sels des acides forméniques par la ponce sulfurique.* Note de M. **Jean-Baptiste Senderens.**

I. J'ai montré que lorsqu'on fait passer vers 360°, sur l'alumine précipitée et séchée, les vapeurs de divers éthers-sels, acétate, propionate, butyrate d'éthyle, on obtient les cétones correspondantes

$$2RCO.OC^2H^5 = RCOR + CO^2 + 2C^2H^4 + H^2O.$$

Avec d'autres catalyseurs, sulfate d'alumine, thorine, les réactions étaient différentes; le premier n'attaquant guère que le résidu C^2H^5 de l'alcool lequel semblait moins décomposé que le résidu acide par le second ([1]).

J'ai repris cette question en employant comme catalyseur la ponce sulfurique.

II. On sait que l'acide sulfurique agit sur l'un des éléments de l'éther-sel, l'alcool, pour donner, selon la température, l'éther-oxyde ou le carbure.

Son action sur l'autre élément, l'acide forménique, était moins connue. Après l'avoir étudiée avec Aboulenc sur le mélange de 1^{vol} d'acide forménique et de 5^{vol} d'acide sulfurique ([2]) j'ai essayé de la préciser en phase gazeuse.

([1]) J. B. Senderens, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 3, 1908, p. 826, et 5, 1909, p. 481; *Ann. Chim. Phys.*, 8e série, 28, 1913, p. 375.

([2]) Senderens et Aboulenc, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1087.

A cet effet, j'ai dirigé les vapeurs d'acides forméniques sur de la pierre ponce granulée imbibée d'acide sulfurique, dont je garnissais des nacelles qui étaient chauffées ensuite au four électrique.

Ici, comme pour les alcools ([1]), la réaction est plus régulière avec les hydrates qu'avec l'acide sulfurique concentré. J'employais un acide marquant 57° Bé, correspondant à l'hydrate $SO^4H^2 + 2H^2O$.

La conclusion de ces expériences est que les acides forméniques donnent avec l'acide sulfurique en phase gazeuse les mêmes produits qu'en système liquide, mais la réaction se manifeste à une température plus haute et avec une vitesse beaucoup moindre.

C'est ainsi que mêlé à 5^{vol} d'acide sulfurique, nous avions constaté que 1^{vol} d'acide propionique donnait par minute, à 165°, 5$^{cm^3}$ de CO et CO^2, tandis que sa décomposition par la ponce sulfurique en phase gazeuse ne se manifeste que vers 195°, avec 2$^{cm^3}$ par minute du même mélange CO et CO^2, sans trace de carbures dans l'un et l'autre cas.

Cette différence dans la température et la vitesse de réaction s'explique par les doses d'acide sulfurique employées, qui sont très grandes dans le mélange liquide et minimes en phase gazeuse.

III. Remplaçons l'acide propionique par le propionate de propyle $C^2H^5CO.OC^3H^7$. Ses vapeurs, en passant sur la ponce sulfurique, se décomposent nettement à 160°, en donnant comme gaz :

CO	6	pour 100
CO^2	3,8	»
C^3H^6 Propylène.	90,2	»

Le liquide recueilli est un mélange d'acide propionique et de très peu de propionate de propyle échappé à la décomposition.

Dans le tube, la ponce sulfurique n'a pas changé d'aspect.

Comme à 160° nous avons vu que cette ponce n'agit pas, en phase gazeuse, sur l'acide propionique, la faible proportion de CO et CO^2 doit être mise sur le compte d'une légère oxydation de C^3H^6 par l'acide sulfurique, d'où résulte une très faible odeur de SO^2.

Ainsi à 160° la ponce sulfurique dédouble le propionate de propyle en ses deux éléments : alcool transformé en carbure, et acide propionique reste intact :

$$C^2H^5CO.OC^3H^7 = C^3H^6 + C^2H^5CO.OH.$$

([1]) J. B. Senderens, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1335.

A 210° le gaz est abondant et a comme composition :

CO	41	pour 100
CO^2	34,5	»
C^3H^6	24,5	»

On ne trouve dans le liquide recueilli que de l'eau avec une minime proportion d'acide propionique et de propionate de propyle, ce qui montre qu'à 210° la décomposition a atteint les deux éléments de l'éther, acide et alcool. Cette décomposition se traduit par le charbonnement de la ponce, la destruction totale du radical C^2H^5 de l'acide, le dégagement de SO^2 et les fortes proportions de CO et CO^2, qui sont comparables à celles que j'ai observées dans la destruction de l'acide propionique chauffé seul à 210°.

IV. On retrouve des résultats semblables avec les autres éthers :

Ainsi avec l'isobutyrate d'éthyle $(CH^3)^2CH.CO^2C^2H^5$, on a :

Gaz.		Température de la réaction.		
		170°.	205°.	220°.
CO	pour 100	4,3	15,1	30,7
CO^2	»	3,3	8,2	12
C^2H^4	»	92,4	76,7	57,3

Avec l'acétate de propyle $CH^3.CO^2C^3H^7$:

		160°.	220°.
CO	pour 100	5,3	38,7
CO^2	»	2,6	41,3
C^3H^6	»	92,1	20,0

V. D'après ces expériences la décomposition des éthers-sels des acides forméniques, en phase gazeuse, par la ponce sulfurique, se ferait en deux étapes :

Dans une première étape qui correspond à la température la plus basse où se manifeste la décomposition, la ponce sulfurique agit *catalytiquement* pour dédoubler l'éther en ses deux éléments, acide et alcool, et pour transformer ce dernier en carbure éthylénique,

$$RCO.OR' + SO^4H^2 = RCO.OH + SO^4HR',$$
$$SO^4HR' = R' - H + SO^4H^2.$$

C'est ainsi qu'avec le propionate de propyle à 160° on a

$$C^2H^5CO.OC^3H^7 + SO^4H^2 = C^2H^5CO.OH + SO^4HC^3H^7,$$
$$SO^4HC^3H^7 = C^3H^6 + SO^4H^2.$$

Dans une seconde étape, à température suffisamment élevée, tandis que se poursuit la production du carbure R′ — H, l'acide forménique subit de la part de l'acide sulfurique, non plus une décomposition catalytique mais une action *destructive* qui donne du CO, du CO^2, de l'eau et du charbon.

VI. La conséquence qui se dégage de ces faits, c'est que dans les éthers RCO.OR′, les deux résidus R d'acide et R′ d'alcool ont, dans la molécule d'éther, des attaches différentes, de telle sorte que R′ forme avec SO^4H^2 le composé temporaire SO^4HR', d'où résulte R′ — H, tandis que R est directement détruit. De là vient que les mêmes résidus C^2H^5 et C^3H^7, selon qu'ils tiennent la place de R′ ou de R, sont transformés *catalytiquement* par SO^4H^2 en carbures éthyléniques C^2H^4 et C^3H^6, ou sont directement détruits.

M. **Émile Picard**, en présentant un volume de M. Pierre Dive, intitulé *La dérive des continents et les mouvements intra-telluriques*, pour lequel il a écrit une *Préface*, s'exprime ainsi :

On connaît la théorie de la dérive des continents du géologue allemand Wegener. A la suite de ses belles études sur les courants internes de fluides visqueux en rotation, M. Pierre Dive a été amené à penser qu'on ne peut opposer aux idées de Wegener des objections fondées sur la dynamique des fluides; c'est une des conclusions de son ouvrage.

Le livre de M. Dive, clairement écrit et très documenté, intéressera à la fois le grand public et les spécialistes. On y trouvera, outre des discussions d'ordre mécanique, des considérations géologiques, géodésiques, géographiques. Il est d'ailleurs loisible aux partisans des idées de Wegener d'admettre que le phénomène de la dérive n'a plus guère d'ampleur aujourd'hui sur notre Terre vieillie, ou qu'il tend à prendre un caractère périodique; des mesures fréquentes de longitudes au moyen de la télégraphie sans fil pourront peut-être donner des renseignements à ce sujet.

M. **A. de La Baume Pluvinel** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie le premier fascicule d'une nouvelle *Bibliographie de l'Astronomie*.

Jusqu'ici, la bibliographie de l'Astronomie était faite, en France, par les soins de deux Sociétés : d'une part, la Société astronomique de France publiait dans son *Bulletin* des articles de mise au point des diverses branches

de l'Astronomie avec l'indication des sources auxquelles les auteurs avaient puisé; d'autre part, l'Association française d'observateurs d'étoiles variables de Lyon faisait paraître, sous la direction de M. Mascart, une bibliographie rapide de l'Astronomie.

Dans un but d'intérêt général, ces deux Sociétés ont décidé de réunir leurs efforts et de ne publier, à partir de 1933, qu'une seule bibliographie. C'est la Société astronomique de France, qui se chargera, à l'avenir, d'assurer la publication de cette nouvelle bibliographie.

Pour répondre à un vœu émis par l'Union astronomique internationale dans sa session de septembre dernier, la nouvelle bibliographie sera publiée en fascicules paraissant régulièrement tous les mois afin de tenir au courant les astronomes, aussi rapidement que possible, de la littérature astronomique.

Les Mémoires qui paraissent dans les périodiques ne sont pas analysés d'une manière détaillée, mais on fait connaître, en quelques lignes seulement, la nature de leur contenu.

Pour réunir les matériaux de notre bibliographie, nous avons recours à des collaborateurs bénévoles français et étrangers; ils se chargent de répertorier chacun un certain nombre de périodiques.

Nous espérons que notre nouvelle publication, grâce à la rapidité de ses informations et à l'abondance de sa documentation, constituera un précieux instrument de travail et sera apprécié par les astronomes de tous les pays.

M. **H. Lecomte** dépose le 47[e] fascicule de la *Flore générale de l'Indochine*, comprenant : *Styracacées* et *Symplocacées*, par M. A. Guillaumin; *Oléacées*, par M. E. Gagnepain; *Salvadoracées*, par M. P. Dop; *Apocynacées*, par M. J. Pitard.

NOMINATIONS.

M. **Ch. Maurain** est désigné pour représenter l'Académie à la *Pose de la première pierre* des nouveaux bâtiments de l'*Université de Londres*, le 24 juin 1933.

ÉLECTIONS.

M. **Jules Haag** est élu Correspondant pour la Section de Mécanique, par 38 suffrages contre 3 à M. *Jean Le Roux* et 1 à M. *René Thiry*, en remplacement de M. *H. Villat*, élu Membre de la Section.

Il y a 1 bulletin blanc et 2 bulletins nuls.

M. **Gustave Binger** est élu Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation, par 48 suffrages contre 2 à M. *Joseph Proudman* et 1 à M. *Jose Maria Torroja*, en remplacement de M. *Jean Tilho*, élu Membre de la Section.

Il y a 1 bulletin blanc.

M. **Henri Devaux** est élu Correspondant pour la Section de Botanique, par 41 suffrages contre 5 à M. *Albert Maige* et 3 à M. *Clodomir Houard.*

Il y a 1 bulletin blanc.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Aperçu général sur la végétation autochtone du Lautaret (Hautes-Alpes) avec des Remarques critiques sur quelques notions phytosociologiques*, par Teodor Lippmaa.

2° Marcel Patry. *Recherches expérimentales sur la combustion et la détonation des substances explosives.* (Présenté par M. H. Le Chatelier.)

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Surfaces dont les lignes de courbure se correspondent avec égalité des rayons de courbure principaux homologues.* Note de M. **Serge Finikoff.**

1. *On se donne deux fonctions* $R(u, v)$, $R'(u, v)$: *existe-t-il des surfaces* S *dont* u, v *sont les paramètres des lignes de courbure et* R, R′ *les rayons principaux?*

La question se ramène à déterminer les coefficients e, g de la représentation sphérique $d\sigma^2 = e\,du^2 + g\,dv^2$, deux fonctions φ, ψ vérifiant le système, équivalent aux équations de Gauss-Codazzi,

$$(1)\quad \begin{cases} \dfrac{\partial e}{\partial v} = 2e\varphi, \qquad \dfrac{\partial g}{\partial u} = 2g\psi, \\ \varphi\dfrac{\partial}{\partial v}\left(\dfrac{1}{g}\right) + \psi\dfrac{\partial}{\partial u}\left(\dfrac{1}{e}\right) + \dfrac{2}{g}\left(\dfrac{\partial\varphi}{\partial v} + \varphi^2\right) + \dfrac{2}{e}\left(\dfrac{\partial\psi}{\partial u} + \psi^2\right) + 2 = 0, \end{cases}$$

avec les équations complémentaires

$$(2)\quad \frac{\partial R}{\partial v} = (R' - R)\varphi, \qquad \frac{\partial R'}{\partial u} = (R - R')\psi.$$

2. Un premier cas simple correspond à $\varphi = 0$; R est une certaine fonction $U(u)$, e une autre $1/U_1(u)$; ayant choisi arbitrairement U et U_1, on prend pour ψ une intégrale arbitraire de l'équation de Riccati

$$\psi U'_1 + 2U_1\left(\frac{\partial\psi}{\partial u} + \psi^2\right) + 2 = 0.$$

et alors la seconde équation (2) permet d'obtenir $R'(u, v)$ par deux quadratures. Cela fait, il ne reste plus qu'à vérifier la seconde équation (1), qui donne pour g une expression $Vg_1(u, v)$ où V est une fonction arbitraire de v : les autres fonctions U, U_1, ψ, R' restant fixes, on obtient ainsi *une famille de surfaces moulures générales dépendant de la fonction arbitraire* $V(v)$.

3. Supposons maintenant $\varphi \neq 0$, $\psi \neq 0$; nous introduisons les nouvelles inconnues $\alpha = \psi/e$, $\beta = \psi/g$ et une fonction auxiliaire γ. Le système (1) devient

$$(3)\quad \begin{cases} \dfrac{\partial\alpha}{\partial u} = -\alpha\left(\dfrac{1}{\psi}\dfrac{\partial\psi}{\partial u} + 2\psi\right) + \gamma - 1, & \dfrac{\partial\alpha}{\partial v} = \alpha\left(\dfrac{1}{\psi}\dfrac{\partial\psi}{\partial v} - 2\varphi\right), \\ \dfrac{\partial\beta}{\partial u} = \beta\left(\dfrac{1}{\varphi}\dfrac{\partial\varphi}{\partial u} - 2\psi\right), & \dfrac{\partial\beta}{\partial v} = -\beta\left(\dfrac{1}{\varphi}\dfrac{\partial\varphi}{\partial v} + 2\varphi\right) - \gamma - 1. \end{cases}$$

Il entraîne

$$(4)\quad \frac{\partial\gamma}{\partial u} = a\gamma - 2\beta\left(\frac{\partial a}{\partial v} + c\right) + a, \qquad \frac{\partial\gamma}{\partial v} = b\gamma + 2\alpha\left(\frac{\partial b}{\partial u} + c\right) + b,$$

$$(5)\quad M\alpha + N\beta + P\gamma + Q = 0, \qquad \ldots,$$

où l'on a posé

$$a = \frac{\dfrac{\partial\varphi}{\partial u}}{\varphi} - 2\psi, \qquad b = \frac{\dfrac{\partial\psi}{\partial v}}{\psi} - 2\varphi, \qquad c = \frac{\partial\varphi}{\partial u} + \frac{\partial\psi}{\partial v},$$

et où M, N, P, Q sont certaines expressions de φ et ψ. Les différentiations successives nous donnent des équations linéaires en α, β, γ : *s'il existe deux surfaces* S, S' *avec les mêmes* R, R', *il en existe une infinité. Si l'équation* (5) *est une identité, le système* (3), (4) *est complet et les surfaces* S *forment une famille* ∞^3. Une surface S donnée *a priori* qui n'est pas surface moulure, fournit donc soit o, soit ∞^1, soit ∞^2, soit ∞^3 surfaces S' correspondantes.

4. Les équations M = N = P = Q = o, qui donnent ce dernier cas, permettent de supposer

$$\varphi = \frac{1}{2(v-u)}, \qquad \psi = \frac{1}{2(u-v)},$$

$$d\sigma^2 = \frac{u-v}{4}\left\{\frac{du^2}{(u-c_1)(u-c_2)(u-c_3)} - \frac{dv^2}{(v-c_1)(v-c_2)(v-c_3)}\right\},$$

où c_1, c_2, c_3 sont des constantes arbitraires : *autrement dit les lignes de courbure ont pour image sphérique un système de coniques homofocales sphériques:* R et R' sont les dérivées par rapport à u et v d'une solution *arbitraire* de l'équation de Laplace célèbre E(1/2, 1/2); cette solution choisie, la variation de c_1, c_2, c_3 donne le système ∞^3 de surfaces annoncées : il va sans dire que nous négligeons les paramètres de déplacement. C'est ainsi que l'*ensemble des quadriques* forme une famille ∞^3 de surfaces associées.

5. Le problème traité ici admet une généralisation immédiate : trouver deux surfaces S, S' en correspondance ponctuelle conservant les lignes de courbure, les rayons principaux $\overline{R}$, $\overline{R'}$ de S' étant des fonctions données *a priori* de R et R'. Si l'on désire conserver à la fois la courbure totale et la courbure moyenne, nous avons d'abord le cas étudié dans cette Note, puis le cas $\overline{R} = R'$, $\overline{R'} = R$ dont on connaît une solution classique : deux surfaces à courbure moyenne totale constante déformées l'une de l'autre et parallèles à deux surfaces à courbure totale constante, transformées d'Hazzidakis l'une de l'autre.

GÉOMÉTRIE. — *Sur la représentation conforme de deux espaces de Finsler.* Note de M. **St. Golab**, présentée par M. Élie Cartan.

J'ai démontré [1] qu'une transformation conforme de l'espace de Finsler sur l'espace euclidien est possible seulement dans le cas où l'espace de Finsler en question constitue un espace de Riemann.

---

[1] *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 25-27.

M. M. S. Knebelman observe que mon théorème forme un cas particulier du corollaire de son théorème publié en 1929 (¹). Voici l'énoncé du théorème de M. Knebelman : L'espace de Finsler qui se laisse représenter conformément sur un espace de Riemann est aussi forcément un espace de Riemann.

Or le travail de M. Knebelman ne m'était pas connu. Cependant, je suis obligé d'observer que nos théorèmes sont tout à fait différents, bien que leurs formes soient analogues. Tout réside en ce que le terme « conforme » a un sens différent dans le théorème de M. Knebelman et dans le mien.

En généralisant la notion de l'homothétie des figures dans la géométrie euclidienne au cas de la représentation conforme de deux espaces métriques riemanniens, on a postulé, pour cette représentation :

I. La proportionnalité des longueurs d'arcs;

II. L'égalité des angles (²).

C'est Gauss (si je le sais bien) qui a remarqué le fait qu'une quelconque de ces deux propriétés implique l'autre. Ce fait est donc bien connu depuis longtemps, s'il s'agit des espaces de Riemann. Il n'a pas été cependant démontré dans la géométrie de Finsler, où nous disposons de plusieurs définitions de l'angle et où, par conséquent, la propriété II admet plusieurs interprétations. Dans le théorème de M. Knebelman, la propriété I sert de base à la définition du terme conforme, tandis que c'est la propriété II qui joue le même rôle dans mon théorème. Il est donc manifeste que le rapport de nos théorèmes sera clair lorsque nous aurons établi le rapport des propriétés I et II dans la géométrie de Finsler. Nous démontrerons à cet effet le suivant

Théorème. — *Si l'on adopte pour base de la métrique angulaire la définition de Landsberg* (³), *alors toute représentation de deux espaces de Finsler peut posséder les propriétés* I *et* II *seulement simultanément.*

Démonstration. — Il est presque évident que la propriété I entraîne la propriété II. En effet, de la propriété I il résulte, en vertu d'un théorème de M. Knebelman (*loc. cit.*) que $F_2(x, dx) = \rho(x) F_1(x, dx)$ où le facteur ρ ne dépend pas de dx^i (F_1 et F_2 désignent les fonctions fondamentales au moyen desquelles on définit la métrique de Finsler). De l'égalité précédente résulte l'égalité des deux intégrales représentant les angles au

---

(¹) *Proc. Nat. Acad. Sc.*, 15, 1929, p. 376-379.

(²) Cette deuxième propriété est appelée en Allemagne *Winkeltreu*.

(³) G. Lansberg, *Jahresbericht Deutsch. Math. Ver.*, 16, 1907, p. 36-46, 547-551.

sens de Landsberg dans les deux espaces, c'est-à-dire la propriété II a lieu.

Supposons maintenant que la propriété II subsiste. Il suffit de se borner au cas de deux espaces à deux dimensions. En posant

$$(1) \qquad f_1(\varphi) = F_1(x;\, \cos\varphi,\, \sin\varphi), \qquad f_2(\varphi) = F_2(x;\, \cos\varphi,\, \sin\varphi),$$

nous déduisons de la propriété II au bout de quelques calculs l'équation suivante :

$$(2) \qquad \frac{f''_2(\varphi)}{f_2(\varphi)} = \frac{f''_1(\varphi)}{f_1(\varphi)}.$$

De là nous obtenons par une intégration

$$(3) \qquad \frac{d}{d\varphi}\left(\frac{f_2}{f_1}\right) = \frac{\bar{c}}{f_1^2},$$

où $\bar{c}$ est une constante. Si $\bar{c}$ était différent de zéro, la fonction f_2/f_1 serait, comme il résulte de ce qui précède, monotone et elle ne serait pas périodique contrairement à la propriété (1). On a donc $\bar{c} = 0$, d'où

$$(4) \qquad f_2(\varphi) = c f_1(\varphi),$$

où c est constante. De là découle facilement la propriété I.

Le problème de l'équivalence des propriétés I et II dans le cas de la métrique au sens de Berwald-Synge-Taylor est facile à résoudre. On ne sait pas cependant ce qui se passe dans le cas de la métrique au sens de Bliss ([1]). Remarquons enfin que le problème de la représentation conforme au sens de Knebelman de deux espaces de Finsler a été récemment et indépendamment résolu par M. T. Hosokawa ([2]).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une équation intégrale.* Note de M. **Soula**, présentée par M. Goursat.

1. L'équation

$$(1) \qquad f(z) = \int_0^1 t^{z-1} h(t)\, dt,$$

où $h(t)$ est la fonction inconnue, se ramène à l'équation de Laplace et Abel par changement de variable. Elle ne peut avoir qu'une solution ([3]).

([1]) *Trans. Amer. Math. Soc.*, **7**, 1906, p. 184-196.

([2]) *Jap. Journ. Math.*, **9**, 1932, p. 59-62.

([3]) Voir E. Picard, *Leçons sur quelques types simples d'équations aux dérivées partielles*, 3e et 6e leçons, p. 24, 46 (Paris, Gauthier-Villars, 1927).

Je démontre d'abord que, si $h(t)$ est à variation bornée, $zf(z)$ est holomorphe et borné quand la partie réelle x de z est supérieure à zéro. Quand $h(t)$ est seulement sommable, $f(z)$ est holomorphe et borné pour $x > 1$. Il est aussi facile de montrer que $f(z)$ tend vers une limite $f(1)$ si z tend vers 1 par valeurs réelles. On peut encore démontrer que si $f(z)$ répond à ces conditions, pour que l'équation (1) soit vérifiée, il faut et suffit qu'elle le soit pour z réel et positif. Nous sommes ainsi conduits au système

$$f(n) = \int_0^1 t^{n-1} h(t)\, dt \qquad (n = 1, 2, 3, \ldots), \tag{2}$$

et j'ai rappelé dans une Note récente [1] que de pareils systèmes peuvent être traités directement par les méthodes qui dérivent du théorème de Fischer et Riesz. Si les polynomes

$$E_n(t) = a_n^{(0)} + a_n^{(1)} t + \ldots + a_n^{(n)} t^n$$

sont orthogonaux et normaux dans l'intervalle (0, 1), pour que le système (2) admette une solution, il est nécessaire et suffisant que

$$\Sigma[a_n^{(0)} f(1) + a_n^{(1)} f(2) + \ldots + a_n^{(n)} f(n+1)]^2$$

soit une série convergente.

Donc, pour que l'équation (1) admette une solution de carré sommable, il est nécessaire et suffisant que $f(z)$ soit holomorphe et borné pour $x > 1$, que la limite $f(1)$ existe et que cette série soit convergente.

2. Riemann a montré, comme on sait, que la solution de (1) peut s'exprimer dans certains cas par une intégrale. Reprenant le calcul par une méthode différente, je montre que la solution existe bien si $z^{1+\lambda} f(z)$ est borné pour $x > 0$ et est holomorphe pour $x = 0$ sauf, éventuellement, pour $z = 0$ et $z = \infty$, λ étant un nombre positif déterminé quelconque. Cette solution est une fonction bornée dans l'intervalle (0, 1); elle admet une condition de Lipschitz d'exposant λ dans tout intervalle partiel qui n'est pas limité par $t = 0$; on a de plus $h(t) = 1$ et ce cas ne saurait être le cas général où le problème a une solution.

Je déduis de là que la condition nécessaire donnée plus haut pour l'existence d'une solution à variation bornée [$zf(z)$ borné] est suffisante pour l'existence d'une solution dont je sais seulement qu'elle est sommable.

---

(1) SOULA, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1363.

3. Des équations

$$f(z)=\int_0^1 t^{z-1}h(t)\,dt, \qquad f_1(z)=\int_0^1 t^{z-1}h_1(t)\,dt$$

je déduis

$$f(z)f_1(z)=\int_0^1 t^{z-1}\psi(t)\,dt$$

quand

$$\psi(t)=\int_t^1 h\left(\frac{t}{s}\right)h_1(s)\frac{ds}{s}$$

dans des cas particuliers et spécialement si h et h_1 sont bornés.

Il est intéressant de remarquer que l'on a encore $\psi(1)=0$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration d'une classe d'équations linéaires aux dérivées partielles du second ordre à une fonction inconnue de n variables indépendantes.* Note de M. **A. Tsortsis**, présentée par M. Goursat.

1. La méthode des faisceaux de transformations infinitésimales, que j'ai appliquée ([1]) à l'intégration des équations non linéaires aux dérivées partielles du troisième ordre s'applique aussi avec succès aux équations linéaires. Elle met en évidence des particularités intéressantes au point de vue des invariants et de l'intégration de ces dernières équations. Voici les résultats pour une équation linéaire du second ordre à une fonction inconnue de n variables indépendantes à caractéristiques doubles.

2. Les équations en question sont de la forme

$$(1)\quad \Phi=p_{11}+2\xi_\alpha p_{1\alpha}+\xi_\alpha^2 p_{\alpha\alpha}+2\xi_\alpha\xi_\beta p_{\alpha\beta}+\psi=0 \qquad (\alpha\neq\beta=2, 3, \ldots, n),$$

où ξ, ψ sont des fonctions de $x, x_1, \ldots, x_n; p_1, \ldots, p_n$ ([2]). L'intégration de (1) se ramène à celle du sous-faisceau F_0 de

$$(F)\quad X_i f=\frac{\partial f}{\partial x_i}+p_i\frac{\partial f}{\partial x}+p_{i\alpha}\frac{\partial f}{\partial p_\alpha}; \qquad P_{ik}f=\frac{\partial f}{\partial p_{ik}} \qquad (\alpha, i, k=1, 2, \ldots, n),$$

de degré $N-1\,[N=n+n(n+1)/2]$ qui laisse Φ invariant. En introduisant comme variables

$$\Phi;\ \rho_i=p_{1i}+\xi_\alpha p_{\alpha i}=\frac{1}{2}\frac{\partial\Phi}{\partial\xi_i} \qquad (\alpha, i=2, 3, \ldots, n),$$

([1]) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 159.

([2]) On garde ici les notations de la Note citée.

à la place de $p_{11}, p_{12}, \ldots, p_{1n}$, le sous-faisceau caractéristique S, qui correspond à (1), se trouve avoir comme base

$$(\mathrm{S})\quad \begin{cases} \mathrm{K}f = \mathrm{N}f + \rho_\alpha \mathrm{M}_\alpha f + \{ -(2\rho_\beta \mathrm{N}_\alpha \xi_\beta + \mathrm{N}_\alpha \psi) \\ \qquad\qquad + p_{\alpha\beta}[\mathrm{N}\xi_\beta - \mathrm{M}_\beta \psi + \rho_\gamma(\mathrm{M}_\gamma \xi_\beta - 2\mathrm{M}_\beta \xi_\gamma)]\} \mathrm{R}_\alpha f, \\ \mathrm{K}_{ji} f = \mathrm{P}_{ij} f \\ \qquad\qquad (\alpha, \beta, \gamma, i, j = 2, 3, \ldots, n), \end{cases}$$

avec

$$\mathrm{N}f = \frac{\partial f}{\partial x_1} + \xi_\alpha \frac{\partial f}{\partial x_\alpha} + (p_1 + \xi_\alpha p_\alpha)\frac{\partial f}{\partial x} - \psi \frac{\partial f}{\partial p_1};$$

$$\mathrm{N}_i f = \frac{\partial f}{\partial x_i} + p_i \frac{\partial f}{\partial x} + \rho_i \frac{\partial f}{\partial p_1};$$

$$\mathrm{M}_i f = \frac{\partial f}{\partial p_i} - \xi_i \frac{\partial f}{\partial p_1}; \qquad \mathrm{R}_i f = \frac{\partial f}{\partial \rho_i}.$$

3. La structure de S est représentée par les formules

$$(2)\qquad (\mathrm{K}_{ij}, \mathrm{K}) = [\mathrm{N}\xi_j - \mathrm{M}_j\psi + \rho_\alpha(\mathrm{M}_\alpha \xi_j - 2\mathrm{M}_j \xi_\alpha)]\mathrm{R}_i f; \qquad (\mathrm{K}_{ij}, \mathrm{K}_{hk}) = 0$$
$$(\alpha, i, j, h, k = 2, 3, \ldots, n).$$

Deux cas sont à distinguer : les coefficients de $\mathrm{R}_i f$, qui figurent dans les seconds membres de (2), sont, soit nuls, soit (un au moins) différents de zéro.

Dans le second cas, en formant les dérivés successifs de S, on constate que le nombre maximum d'invariants de S est $n-1$ et que ces invariants sont au plus du premier ordre.

Dans le premier cas, S est un faisceau complet et admet $3n-1$ invariants. Pour cela il faut et il suffit que ξ, ψ satisfassent à la fois aux équations

$$\mathrm{N}\xi_i - \mathrm{M}_i\psi = 0; \qquad \mathrm{M}_i \xi_j = 0 \qquad (i, j = 2, 3, \ldots, n).$$

Soit ξ_0 l'invariant fondamental du faisceau complet $\mathrm{M}_i f (i = 2, 3, \ldots, n)$, qui dépendra nécessairement de p. Les formules

$$\xi_i = \delta_i; \qquad p_1 + \delta_\alpha p_\alpha = \delta_0; \qquad \frac{\partial \xi_0}{\partial x_1} + \delta_\alpha \frac{\partial \xi_0}{\partial x_\alpha} + \delta_0 \frac{\partial \xi_0}{\partial x} - \psi \frac{\partial \xi_0}{\partial p_1} = \delta$$
$$(\alpha, i = 2, 3, \ldots, n),$$

où δ, δ_0, δ_i sont des fonctions de ξ_0; $x, x_1, \ldots, x_n$, fournissent la forme explicite des équations (1) pour lesquelles S admet $3n-1$ invariants.

4. Au nombre de ces $3n-1$ invariants de S il en figure $n+1$ du premier ordre, qui constituent le système fondamental d'invariants du faisceau

complet

$$(\mathrm{F}_s) \qquad \mathrm{N}f, \quad \mathrm{M}_i f \qquad (i = 2, 3, \ldots, n).$$

En introduisant comme variable ξ_0 à la place de p_1, on a

$$(\mathrm{F}_s) \qquad \mathrm{N}f = \frac{\partial f}{\partial x_1} + \delta\alpha \frac{\partial f}{\partial x_\alpha} + \delta_0 \frac{\partial f}{\partial x} + \delta \frac{\partial f}{\partial \xi_0}, \qquad \mathrm{M}_i f = \frac{\partial f}{\partial p_i} \qquad (\alpha, i = 2, 3, \ldots, n).$$

Donc les $n+1$ invariants de F_s sont de la forme

$$\mathfrak{I}_k(\xi_0; x, x_1, \ldots, x_n) \qquad (k = 0, 1, 2, \ldots, n).$$

5. Soit M′ une multiplicité quelconque à $n-1$ dimensions tracée sur une multiplicité intégrale quelconque M. Sur M′, n quelconques de $\mathfrak{I}$ deviennent fonctions de $n-1$ variables indépendantes; et par suite il existe sur M′ deux relations

$$(3) \qquad \mathfrak{I}_0 = \varphi(\mathfrak{I}_2, \ldots, \mathfrak{I}_n), \qquad \mathfrak{I}_1 = \pi(\mathfrak{I}_2, \ldots, \mathfrak{I}_n),$$

qui sont identiquement vérifiées. Mais les $\mathfrak{I}$ restant constants sur les caractéristiques issues des divers points de M′, qui engendrent M, ces relations sont aussi vérifiées sur M. En éliminant ξ_0 entre les équations (3), on a donc l'équation de la surface intégrale de (1). De plus les fonctions φ et π peuvent être choisies arbitrairement; car, si $\mathfrak{I}_0, \mathfrak{I}_1, \ldots, \mathfrak{I}_n$ sont respectivement les invariants principaux de $\mathrm{N}f$ relatifs à $p_1, x, x_2, \ldots, x_n$ (pour $x_1 = x_0$ valeur numérique arbitraire), les fonctions φ et π sont celles qui interviennent dans les données du problème de Cauchy

$$p_1 = \varphi(x_2, \ldots, x_n), \qquad x = \pi(x_2, \ldots, x_n) \qquad (\text{pour } x_1 = x_0).$$

6. Du fait que sur toute multiplicité intégrale M, on a une relation entre n invariants du premier ordre résulte aussi la formation, par différentiations, des invariants du second ordre [1]. Il est enfin à remarquer que la connaissance d'un seul invariant du premier ordre détermine l'équation.

---

[1] Cf. E. GOURSAT, *Leçons sur l'intégration des équations du second ordre*, 2, p. 147.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur les groupes de transformations pseudo-conformes.* Note ([1]) de M. **Henri Cartan**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Dans une Note récente, j'ai établi la proposition suivante ([2]) :

Si la structure d'un groupe continu G *de transformations pseudo-conformes est celle d'un groupe de Lie, le groupe* G *est lui-même un groupe de Lie.* Autrement dit, si les transformations de G ont la forme

$$z'_j = \varphi_j \quad (z_1, \ldots, z_p; t_1, \ldots, t_r), \tag{1}$$

les fonctions φ_j étant supposées *analytiques* par rapport aux variables *complexes* $z_1, \ldots, z_p$, et *continues* par rapport aux paramètres *réels* $t_1, \ldots, t_r$, et si en outre la loi de composition des paramètres est analytique, alors les φ_j sont analytiques par rapport à l'ensemble de toutes les variables z et t ([3]).

Il est naturel de se demander si l'hypothèse faite relativement à la structure de G est indispensable. En effet, on tend à croire aujourd'hui que tout groupe continu est un groupe de Lie (au point de vue structure), c'est-à-dire que l'on peut choisir les paramètres de façon à rendre analytique la loi de composition sur ces paramètres ([4]). En attendant que cette importante propriété des groupes continus soit établie, si toutefois elle est exacte, il est intéressant de savoir que l'on peut, dès aujourd'hui, pour le cas des transformations *pseudo-conformes*, démontrer le théorème suivant :

Théorème 1. — *Tout groupe continu de transformations pseudo-conformes est un groupe de Lie.*

Il est bon de préciser ce que nous entendons par groupe continu de transformations pseudo-conformes. Partons d'un groupe continu abstrait g, à r paramètres $u_1, \ldots, u_r$, et à chaque transformation (s) de ce groupe, suffisamment voisine de la transformation identique ($u_1 = \ldots = u_r = 0$), faisons correspondre une transformation (S), dans l'espace de p variables

([1]) Séance du 27 mars 1933.

([2]) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 669.

([3]) Pour plus de précision relativement aux hypothèses faites sur les transformations (1), voir la Note citée.

([4]) Voir, à ce sujet, J. von Neumann, *Annals of Math.*, 34, 1933, p. 170-190; Cl. Chevalley, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 744.

complexes $z_1, \ldots, z_p$,

(S) $$z'_j = f_j(z_1, \ldots, z_p; u_1, \ldots, u_r).$$

Relativement aux transformations (S), nous supposons :

1° Que les f_j sont définies et uniformément bornées au voisinage de $z = u = 0$;

2° Que, pour chaque système de valeurs des paramètres u, les f_j sont holomorphes en $z_1, \ldots, z_p$; pour chaque système de valeurs des z, les f_j sont continues par rapport à l'ensemble des variables réelles $u_1, \ldots, u_r$;

3° Qu'à la transformation identique de g correspond la transformation identique $z'_j = z_j$; qu'à deux transformations distinctes de g correspondent deux transformations distinctes de G; qu'au produit de deux transformations de g correspond le produit des transformations correspondantes de G.

C'est à de tels groupes que le théorème I s'applique.

2. Voici une autre proposition, relative à des groupes non supposés continus *a priori :*

Théorème 2. — *Étant donné, dans l'espace de p variables complexes* $z_1, \ldots, z_p$, *un domaine borné quelconque* D, *le groupe* G *de toutes les transformations pseudo-conformes biunivoques de* D *en lui-même est un groupe de Lie, à moins que* G *ne soit proprement discontinu* ([1]) *dans* D. D'une façon précise, celles des transformations de G qui sont suffisamment voisines de la transformation identique se confondent avec celles d'un groupe de Lie.

Jusqu'ici, le théorème 2 avait été vérifié expérimentalement pour des classes particulières de domaines (domaines cerclés et domaines analogues, dans le cas de deux variables complexes). On voit maintenant que, pour déterminer, dans l'espace de p variables complexes, tous les domaines bornés qui admettent un groupe non proprement discontinu de transformations pseudo-conformes, il suffit de déterminer tous les groupes de Lie à p variables complexes (ce qui est possible, au moins théoriquement), puis de chercher les domaines bornés invariants par ces groupes. M. Élie Cartan, dans un travail non encore publié, avait déjà entrepris cette étude pour les groupes de Lie transitifs à deux variables complexes; ses résultats, combinés avec le théorème 2, conduisent à la proposition suivante :

([1]) G est proprement discontinu dans D si les transformés d'un point quelconque de D par toutes les transformations de G n'ont aucun point d'accumulation intérieur à D.

Si un domaine borné de l'espace de deux variables complexes x et y admet un groupe transitif de transformations pseudo-conformes, ce domaine peut se représenter soit sur l'hypersphère $|x|^2+|y|^2<1$, soit sur le dicylindre $|x|<1$, $|y|<1$.

3. Les théorèmes 1 et 2 sont des cas particuliers d'un théorème plus général qu'il serait trop long d'exposer ici, et qui sera publié dans un autre Recueil, ainsi que la démonstration des théorèmes 1 et 2. Je signale qu'au cours de la démonstration intervient une proposition intéressante en elle-même, et que voici :

THÉORÈME 3. — *Étant données, dans l'espace de p variables complexes, deux hypersphères concentriques Σ et Σ' (Σ' intérieure à Σ), il existe un nombre positif α qui jouit de la propriété suivante : il n'existe, dans Σ, aucune transformation pseudo-conforme T telle que toutes ses puissances soient pseudo-conformes dans Σ', et que chacune d'elles, y compris la transformation T elle-même, déplace chaque point de Σ' d'une distance plus petite que α.* On peut effectivement donner une expression de α en fonction des rayons de Σ et Σ'.

Le théorème 3 peut encore s'énoncer brièvement de la façon suivante : *un groupe de transformations peudo-conformes ne peut pas contenir de sous-groupes arbitrairement petits.*

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une inégalité différentielle dans la théorie des fonctions analytiques.* Note de M. **TORSTEN CARLEMAN**, présentée par M. Émile Borel.

Soit $f(z)=f(x+iy)$ une fonction analytique régulière à l'intérieur d'un domaine connexe D s'étendant à l'infini et satisfaisant en les points finis de la frontière de D à la condition $|f(z)|<\alpha<1$. Supposons que la section S_x de D par une parallèle à l'axe des y d'abscisse x quelconque soit finie. Soit $l(x)$ la borne supérieure des longueurs des segments de S_x. Désignons par

$$u(x,y)=\overset{+}{\log}|f(x+iy)|$$

une fonction qui est égale à $\log|f|$ où à zéro suivant que $|f|\geqq 1$ ou $0\leqq|f|<1$, et prenons comme mesure de la croissance de f l'expression

$$\varphi(x)=\int_{S_x} u(x,y)^2\,dy=\int_{S_x}\left(\overset{+}{\log}|f(x+iy)|\right)^2 dy. \tag{1}$$

Cela posé, nous pouvons démontrer que $\varphi(x)$ satisfait à l'inégalité différentielle

$$\varphi''(x) \geqq \frac{1}{2}\frac{\varphi'(x)^2}{\varphi(x)} + \frac{2\pi^2}{l(x)^2}\varphi(x), \tag{2}$$

qui peut encore s'écrire

$$\frac{d^2\sqrt{\varphi}}{dx^2} \geqq \frac{\pi^2}{l(x)^2}\sqrt{x}. \tag{3}$$

En dérivant (1) deux fois par rapport à x on obtient, en effet,

$$\varphi'(x) = 2\int_{S_x} u\frac{\partial u}{\partial x}dy, \tag{4}$$

$$\begin{aligned}\varphi''(x) &= 2\int_{S_x}\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 dy + 2\int_{S_x} u\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}dy = 2\int_{S_x}\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 dy - 2\int_{S_x} u\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}dy \\ &= 2\int_{S_x}\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 dy + 2\int_{S_x}\left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)^2 dy.\end{aligned} \tag{5}$$

Or nous avons, en appliquant l'inégalité de Schwarz à (4),

$$\int_{S_x}\left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)^2 dy \geqq \frac{1}{4}\frac{\varphi'(x)^2}{\varphi(x)}. \tag{6}$$

2. D'autre part, en vertu d'un théorème élémentaire du calcul des variations,

$$\int_{\varphi_x}\left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)^2 dy \geqq \frac{\pi^2}{l(x)^2}\int_{\varphi_x} u^2\,dy = \frac{\pi^2}{l(x)^2}\varphi(x). \tag{7}$$

En portant les inégalités (6) et (7) dans (5) on obtient l'inégalité cherchée.

Si D s'étend à l'infini du côté des x positifs et si $|f(z)|$ ne reste pas borné pour $x \to +\infty$, il existe un nombre x_0 tel que $\varphi'(x) > 0$ pour $x > x_0$. En posant, dans (2), $\varphi = e^{\psi}$, on trouve

$$\psi'^2 + 2\psi'' \geqq \frac{4\pi^2}{l(x)^2},$$

d'où l'on conclut

$$\frac{2\pi}{l(x)} \leqq \sqrt{\psi'^2 + 2\psi''} \leqq \psi' + \frac{\psi''}{\psi'},$$

$$2\pi\int_{x_0}^{x}\frac{dx}{l(x)} \leqq \psi(x) + \log\psi' + O(1) \leqq \psi(x) + \psi'(x) + O(1),$$

$$2\pi\int_{x_0}^{x}\frac{x-s}{l(s)}ds \leqq \int_{x_0}^{x}\psi(s)\,ds + \psi(x) + O(x). \tag{8}$$

La méthode que nous avons appliquée s'étend immédiatement à des fonctions harmoniques à plusieurs variables.

L'inégalité (2) peut dans certains cas rendre les mêmes services qu'un théorème important dû à M. Ahlfors. C'est ainsi que nous pouvons démontrer en quelques lignes l'hypothèse de M. Denjoy sur les valeurs asymptotiques des fonctions entières. Soit $F(Z)$ une fonction entière d'ordre ρ ayant n valeurs asymptotiques différentes. Il existe donc n courbes $L'_1, L'_2, \ldots, L'_n$ sans points communs partant des points de la circonférence $|Z| = 1$ et allant à l'infini telles que $|F(Z)|$ soit bornée sur $L'_1, L'_2, \ldots, L'_n$ mais non bornée dans le domaine D'_ν qui sont séparés entre eux par les L'_ν. Posons $f(z) = F(e^z)$ et considérons la transformation $z = \log Z$. Elle transforme le domaine $|Z| > 1$ découpé suivant la courbe L'_1 en une bande B de largeur 2π dans le plan des z. Aux régions D'_ν correspondent certains domaine D_ν appartenant à B. En remplaçant $f(z)$ par $kf(z)$ où k est une constante convenablement choisie, nous pouvons obtenir que $|f(z)| < \alpha < 1$ sur les frontières L_ν des D_ν. Désignons par $l_\nu(x)$ et $\psi_\nu(x)$ les quantités $l(x)$ et $\psi(x)$ relativement au domaine D_ν.

Ceci posé, en appliquant l'inégalité (8), on trouve

$$2\pi\int_{x_0}^{x}(x-s)\frac{1}{n}\sum_{\nu=1}^{n}\frac{1}{l_\nu(s)}\,ds \leqq \frac{1}{n}\sum_{\nu=1}^{n}\int_{x_0}^{x}\psi_\nu(s)\,ds + \frac{1}{n}\sum_{\nu=1}^{n}\psi_\nu(x) + O(x).$$

Or nous avons

$$\psi_\nu(x) < 2(\rho+\varepsilon)x + O(1),$$

$$\frac{1}{n}\sum_{\nu=1}^{n}\frac{1}{l_\nu(s)} \geqq \frac{n}{\Sigma l_\nu(s)} \geqq \frac{n}{2\pi};$$

donc

$$n\int_{x_0}^{x}(x-s)\,ds \leqq 2(\rho+\varepsilon)\int_{x_0}^{x}s\,ds + O(x),$$

d'où l'on conclut

$$n \leqq 2(\rho+\varepsilon),$$

quel que soit le nombre positif ε. Il s'ensuit $n \leqq 2\rho$. C. Q. F. D.

CINÉMATIQUE APPLIQUÉE. — *Sur une liaison absolument générale entre deux axes de rotation quelconques dans l'espace.* Note de M. **F.-E. Myard**, présentée par M. d'Ocagne.

Nous avons démontré, dans un premier théorème [1], qu'entre deux axes de positions relatives et successives absolument quelconques dans l'espace,

[1] *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1491; 196, 1933, p. 843.

on peut toujours assurer une liaison réciproque et continue de rotation, et cela au moyen d'un *système plan* de deux couples rotoïdes.

Dans un deuxième théorème que voici, nous allons démontrer qu'entre ces deux mêmes axes, l'on peut aussi et toujours assurer une autre liaison réciproque et continue de rotation, et cela au moyen d'un *système gauche* de deux couples rotoïdes *établi en conséquence*.

Théorème. — Deux axes de positions relatives et successives quelconques dans l'espace peuvent avoir une liaison réciproque et continue de rotation, et cela au moyen d'un *système gauche* de deux couples rotoïdes, à la condition que chacun de ces deux couples rotoïdes rencontre, sous une inclinaison arbitraire, l'axe de rotation correspondant en un point tel que O ou O′, et que ces deux couples rotoïdes soient liés entre eux par un système à *trois couples* d'emboîtement, parmi lesquels deux sont des couples rotoïdes qui passent respectivement par O et O′ et suivant des directions angulaires quelconques, tandis que le troisième C, placé arbitrairement, est indifféremment un couple prismatique ou rotoïde.

Remarquons d'abord que d'après ce nouveau théorème :

1° Il est indispensable que les deux couples rotoïdes de liaison rencontrent, respectivement, les axes d'entrée et de sortie — tandis que, dans le premier théorème, il n'en est rien.

2° Les deux couples rotoïdes de liaison sont gauches, et liés entre eux par un système *approprié* de trois couples d'emboîtement (tous au premier degré de liberté) — tandis que, dans le premier théorème, les deux couples rotoïdes sont liés entre eux par un couple plan, c'est-à-dire équivalent à un système de trois couples rotoïdes parallèles.

D'ailleurs ce nouveau théorème ne constitue pas une extension généralisée du précédent. Si, en effet, le système *gauche* des deux couples rotoïdes offre un plus haut degré de généralité que le système *plan*, la condition imposée, alors, à chaque couple rotoïde de rencontrer l'axe de rotation correspondant, est essentiellement restrictive.

Mais remarquons que, si les deux couples rotoïdes de liaison sont normaux, respectivement, aux deux couples rotoïdes correspondants (qui font partie du système à trois couples d'emboîtement), ces deux derniers étant, de plus, parallèles entre eux, nous retrouvons, sous forme d'un cas particulier, le premier théorème. C'est ce qui existe dans tous les joints actuels, chose logique, pratiquement. Et c'est pour cela que la théorie commune à tous ces joints relève de ce premier théorème uniquement.

Le nouveau système décrit ici peut, en somme, être regardé comme

résultant de la réunion de deux angles tétraèdres déformables ayant constamment un côté commun susceptible de varier en longueur et direction.

Dans le cas où les deux axes d'entrée et de sortie sont à distance fixe, ou plus exactement, en position relative constante, le système constitue une chaîne fermée à six couples rotoïdes, déformable au premier degré de liberté, et *banale*. (Lorsque la distance OO′ est fixe, le couple C ne joue aucun rôle).

Évidemment, toute chaîne fermée, déformable au premier degré de liberté, est, en soi, un joint de transmission. Mais ce second théorème vient de nous montrer comment il est possible, géométriquement, d'avoir une nouvelle liaison généralisée entre deux axes de rotation quelconques dans l'espace, comme le précédent théorème nous en avait déjà donné une — la plus importante, pratiquement.

Et, bien entendu, des chaînes déformables, soit paradoxales (nous avons précédemment signalé le cas du mécanisme de Bennett, et de la chaîne à cinq couples rotoïdes de Myard), soit banales (angle tétraèdre, joint de Cardan) donnent, telles quelles, des liaisons de rotation entre deux axes, mais ces liaisons ne sont pas générales, les deux axes, alors, ne pouvant occuper des positions relatives absolument quelconques dans l'espace.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur la détermination optique de la direction de filets d'air en mouvement.* Note de M. A. MAGNAN, présentée par M. A. d'Arsonval.

La détermination optique de la direction des filets d'air en mouvement n'est possible directement que lorsque le mouvement est assez violent pour faire apparaître des différences d'indice de réfraction entre les divers filets. Les vitesses utilisées en aviation sont encore insuffisantes pour manifester des phénomènes optiques appréciables, même si l'on a recours à des méthodes très sensibles. Il faut arriver aux vitesses des projectiles pour que l'observation soit possible.

Pour mettre en évidence les filets d'air, j'ai pensé à l'utilisation d'une méthode déjà décrite par moi (1); celle-ci consiste à créer dans le fluide en mouvement des variations d'indice, puis à les rendre visibles au moyen

(1) A. MAGNAN, *Le vol à voile*. Roche d'Estrez, 1, Paris, 1925, p. 69.

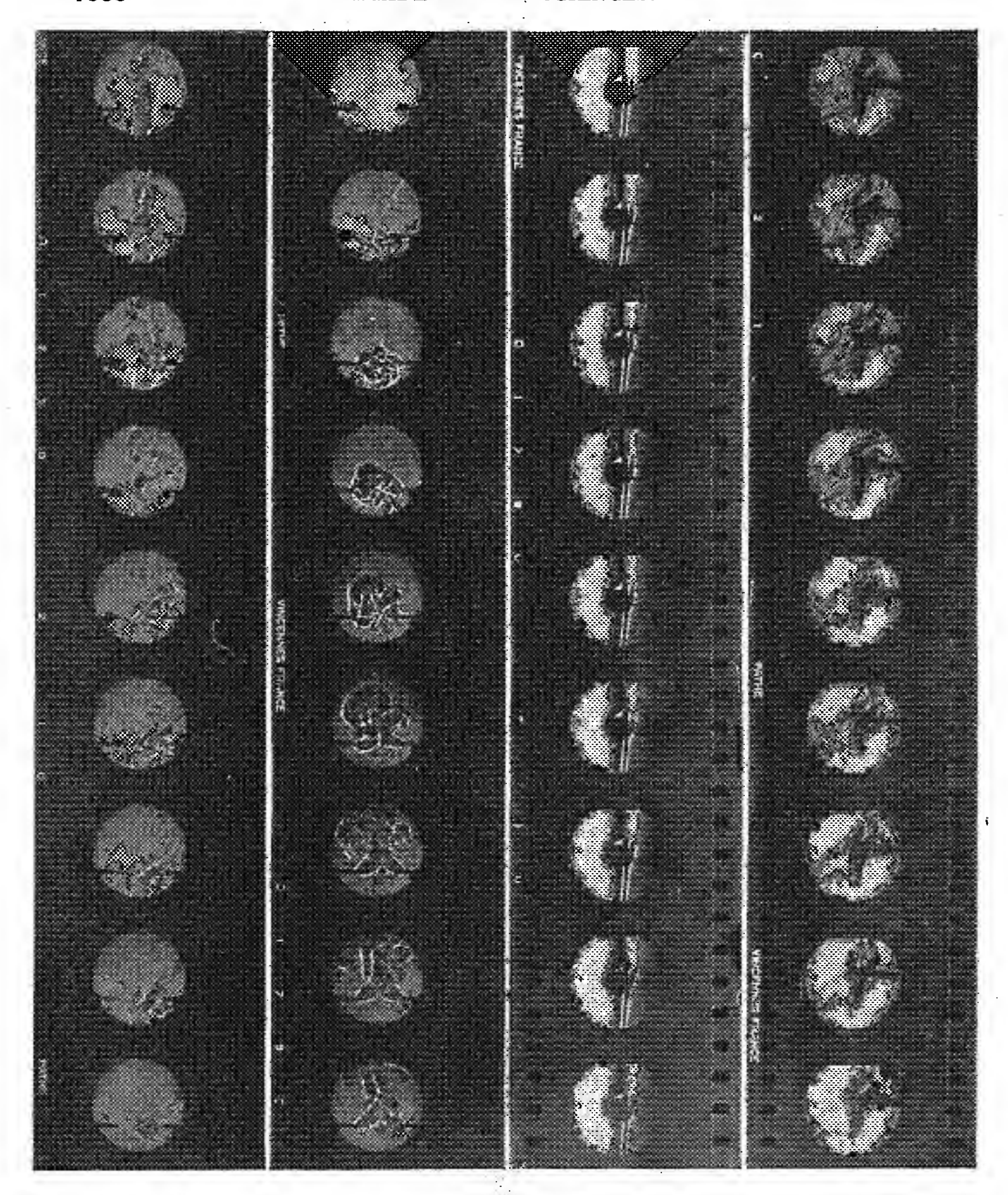


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

Enregistrements cinématographiques.

Fig. 1. De la colonne d'air chaud donnée par une bougie et déviée par un effluve. — Fig. 2. Du nuage d'air chaud provoqué par une étincelle électrique. — Fig. 3. De l'écoulement d'une colonne d'air chaud autour d'un cylindre. — Fig. 4. De la rencontre du jet d'air chaud venant d'un séchoir électrique avec une aile de Papillon. (Lire de haut en bas.)

d'un dispositif inspiré de la méthode d'essai des miroirs et mis au point avec l'aide de M. Chifflot.

Sur le trajet des filets fluides à étudier, on place des fils très fins que l'on chauffe électriquement ou bien l'on provoque une colonne d'air chaud au moyen d'une source de chaleur quelconque (séchoir électrique). Le fluide chaud qui s'échappe en nappes plus ou moins épaisses possède un indice différent de celui de l'air ambiant et le montage suivant permet de le rendre très nettement visible.

Une lampe à filament ponctuel, alimentée par un courant de 6 volts et enfermée dans une boîte, éclaire un très petit trou situé au centre de courbure d'un miroir concave non argenté, de 12^{cm} de diamètre et de 3^{m} de rayon de courbure. Tout le pinceau de lumière venant du miroir est reçu sur la rétine à travers un écran rouge ou sur une glace dépolie de telle façon que l'on ait une image du miroir vivement éclairé pour l'observation directe ou bien encore sur une pellicule sensible, le dispositif se prêtant très bien tel quel à l'enregistrement photographique ou cinématographique.

Si l'on place, sur le trajet des rayons, une bougie allumée, on aperçoit à l'œil nu ou sur la glace dépolie dans l'image du miroir l'air chaud qui s'en échappe sous forme d'une colonne très nettement délimitée, laquelle, au moindre mouvement d'air, est déplacée et donne naissance à de violents tourbillons (*fig.* 1).

On obtient le même résultat avec n'importe quel filet d'air chaud ou froid ou de gaz réfringents. C'est ainsi qu'il est possible de rendre visibles les filets qui sont chauffés au contact de la main de certains individus, le nuage d'air chaud provoqué par une étincelle électrique (*fig.* 2), les gaz expirés par l'homme pendant qu'il respire, parle ou tousse, l'air refroidi au contact d'un bloc de glace, l'acide carbonique qui sort d'un verre d'eau de Seltz.

Mon but a été surtout de chercher à me servir de ce dispositif pour matérialiser l'écoulement de l'air autour de corps divers : cylindre (*fig.* 3), plan, ailes d'oiseaux ou d'insectes (*fig.* 4).

HYDRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Ondes progressives périodiques à la surface d'un bassin de faible profondeur.* Note de M. **Jean Baurand**, présentée par M. Villat.

La théorie de la propagation des ondes sinusoïdales rectilignes non amorties, de Lord Kelvin ([1]), donne pour vitesse de phase de ces ondes $V = V_0 B$, V_0 étant la vitesse de ces ondes en eau profonde :

$$V_0^2 = \frac{g\lambda}{2\pi} + \frac{A}{\rho}\frac{2\pi}{\lambda}, \qquad \text{en posant} \quad B^2 = \operatorname{tang} h \frac{2\pi h}{\lambda};$$

h est la profondeur du bassin, A la constante capillaire, ρ la masse spécifique du liquide et λ la longueur d'onde.

Utilisant une méthode que j'ai décrite ([2]), j'ai mesuré la vitesse de propagation des creux et des crêtes d'un train d'ondes périodiques dans un bassin contenant de l'eau (faible profondeur); les ondes doivent être d'assez grande longueur afin que le terme B soit nettement inférieur à l'unité. Le fond du bassin est une bonne glace épaisse supportée par un bâti rigide. L'épaisseur d'eau est mesurée en plaçant en quatre points de la glace, assez éloignés, quatre cônes de laiton de même hauteur, à pointe aiguë, pointes qui déforment la surface de l'eau lorsqu'elles la touchent : ce procédé assure l'horizontalité du fond du bassin.

Le tableau suivant indique les résultats de deux séries d'expériences. V_{oc} est la vitesse en eau profonde, calculée par la formule de Kelvin avec $A = 73$ dynes/cm. V_{om} est la vitesse en eau profonde, mesurée pour les différentes longueurs d'ondes, V_m la vitesse en faible profondeur.

h.	λ.	V_{oc}.	V_{om}.	$V_{oc}B$.	$V_{om}B$.	V_m.
cm	cm	cm/sec	cm/sec			
1,1	5,4	30,5	31,2	28,2	28,9	29,3
0,5	4,7	29,1	29,5	22,3	22,6	23,7
0,5	5,1	29,8	30,4	22	22,5	24
0,5	5,4	30,5	31,2	22,1	22,6	25,2

La mesure n'est pas très précise; l'erreur commise sur la hauteur d'eau est assez grande; dans les expériences de la deuxième série, on peut admettre que h est connu à 2/10ᵉ de millimètre près, ce qui introduit une erreur

([1]) Lord Kelvin, *Phil. Mag.*, 4ᵉ série, **42**, 1871, p. 368.
([2]) J. Baurand, *Ann. de Phys.*, **18**, 1932, p. 107.

relative moyenne de 2 pour 100 sur le terme B. L'erreur commise dans la mesure de λ se traduit par une erreur de l'ordre de 2 pour 100 sur les vitesses en eau profonde : BV_{oc} et BV_{om} ne sont donc connus qu'à 4 pour 100 près en moyenne. La mesure de la vitesse d'une crête ou d'un creux étant faite à 3 pour 100, il en résulte que la formule de Lord Kelvin est vérifiée en première approximation, mieux en prenant pour vitesse en eau profonde la vitesse mesurée que la vitesse calculée.

La différence qui subsiste est peut-être due, comme je l'ai déjà indiqué, à la nature de ces ondes, non rigoureusement sinusoïdales ; il faut toutefois remarquer que les ondes sur lesquelles on mesure les vitesses en eau profonde ou en faible profondeur sont obtenues par des méthodes très différentes : oscillations d'une colonne d'eau dans un tube vertical, ou oscillations d'un système mécanique touchant l'eau.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Au sujet du classement des combustibles liquides pour moteurs à combustion interne, à injection mécanique.* Note de M. **P. Dumanois**, présentée par M. E. Jouguet.

Il a été reconnu que, dans les moteurs à combustion interne, à injection mécanique, le retard d'allumage, c'est-à-dire le temps qui s'écoule entre le moment où a commencé l'injection du combustible et le moment où s'effectue l'allumage, avait une importance fondamentale sur la souplesse du moteur. Plus ce temps est court, et moins la quantité de combustible susceptible de brûler d'un seul coup est considérable ; plus les pressions maxima sont faibles et plus le moteur est régulier.

MM. G. D. Boerlage et J. J. Broeze, dont les travaux ont conduit à ces résultats, ont mis au point une méthode de classement des combustibles par la détermination d'un mélange convenable de mésitylène (dont le retard d'inflammation est considérable) et de cétène (dont le retard d'inflammation est très faible) ayant le même retard que le combustible à étudier [1]. La valeur du combustible s'exprime par la proportion en pour 100 de cétène du mélange. Le classement en nombre de cétène correspond aux résultats expérimentaux dans l'utilisation des moteurs, les résultats étant d'autant meilleurs que le nombre de cétène est plus élevé.

Toutefois, cette méthode de classement nécessite l'emploi d'un moteur

[1] *Engineering*, 3435, 1931, p. 603 ; 3438, 1931, p. 687 ; 3440, 1931, p. 755.

permettant la prise d'un diagramme d'indicateur correspondant à la pression normale de remplissage et d'un second diagramme correspondant à une pression moitié. Nous avons pensé à appliquer au cas des moteurs à combustion interne les résultats de nos travaux antérieurs, déjà confirmés par l'expérience, sur la formation des peroxydes et les antidétonants. Ces théories conduisent à penser que le retard d'allumage est dû au temps nécessaire pour former des produits d'oxydation instables, en proportion suffisante pour que la température d'auto-allumage du mélange d'hydrocarbures et de produits d'oxydation soit suffisamment basse. Si cette théorie est exacte, il est possible en utilisant les méthodes d'essai employées pour la détermination du nombre d'octane relatives aux essences, de classer les gas oils pour moteurs à allure rapide. A l'inverse de ce qui se passe pour les moteurs à explosion, le combustible sera d'autant plus satisfaisant que le nombre d'octane sera plus bas, et, par suite, son complément à cent, c'est-à-dire le nombre d'heptane normal qui doit varier comme le nombre de cétène, sera plus élevé.

Mais on ne peut brûler le gas oil pur dans le moteur standard C.F.R. Le principe de la méthode que nous avons employée consiste donc à mélanger à de l'essence une proportion de gas oil suffisamment faible pour que le fonctionnement du moteur reste satisfaisant et à déterminer l'élévation du nombre d'heptane normal obtenu. La proportion choisie a été de 15^{vol} de gas oil pour 85^{vol} d'essence, mélange qui fonctionne parfaitement bien avec le moteur C. F. R. dans les conditions standard 500 tours-minute et 150° comme température du fluide réfrigérant.

Afin de vérifier le bien-fondé de notre théorie, nous avons demandé à M. Boerlage de bien vouloir nous envoyer 15 échantillons de gas oil dont il avait préalablement déterminé le nombre de cétène. Nous avons alors effectué le classement relatif en nombre d'heptane avec deux essences de dilution très différente et l'avons confronté avec celui résultant du nombre de cétène. Les résultats sont les suivants :

Échantillon.	Nombre de cétène.	Nombre d'heptane. Essence 1.	Essence 2.	Densité.
L	14	38,5	32,5	0,9358
P	24	40	33	0,9098
E	23	40,5	33	0,9544
G	32	42	33,3	0,9050
A	38	43	33,7	0,8710
O	34	43,5	34	0,8876
D	36	44	34	0,8616

Échantillon	Nombre de cétène.	Nombre d'heptane. Essence 1.	Essence 2.	Densité.
N	44	46	36,5	0,8658
F	47	46	36	0,8546
B	51	47	37	0,8578
M	54	48,5	38	0,8444
H	56	50	39	0,8034
C	61	50	39	0,8286
K	64	50,5	39,5	0,8248
J	65	51	40	0,8518

Ils montrent une concordance remarquable de classement, sauf pour l'échantillon A pour lequel le nombre de cétène lui-même, d'après les renseignements ultérieurs de M. Boerlage, est vraisemblablement trop élevé, et ce classement se conserve indépendamment de l'essence de base qui sert à la dilution. Ils montrent en même temps la précision qu'il est possible d'obtenir avec le moteur C. F. R.

Dans ces conditions, on peut considérer qu'il est possible de déterminer la valeur du gas oil en utilisant sans aucune modification le moteur standard C. F. R. employé pour la détermination du nombre d'octane des moteurs à explosion. On trouve également dans ces résultats une confirmation des théories précédemment exposées ([1]).

ASTROPHYSIQUE. — *Sur l'absorption du rayonnement cosmique par l'atmosphère.* Note de M. **Émile Sevin**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Soient I et μ l'intensité et le coefficient d'absorption du rayonnement cosmique en un point de l'atmosphère où la pression est p. De la relation $dI/dp = -\mu I$, il pouvait sembler naturel de déduire que la valeur absolue, de la dérivée dI/dp, devait régulièrement croître, avec l'altitude, puisqu'on imaginait que, lorsqu'on s'élevait, I et μ augmentaient simultanément, l'augmentation de μ se présentant comme une conséquence logique de la prédominance relative, plus marquée, de l'intensité des composantes molles aux grandes altitudes. Or les récentes explorations de la stratosphère ([2]) ont montré que cette question nécessitait une complète mise au

([1]) *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 292.

([2]) E. Regener, *Naturwiss.*, 38, 1932, p. 695-699; A. Piccard et M. Cosyns, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 604.

point; il résulte en particulier, des observations de M. E. Regener, que si I augmente bien avec l'altitude, dI/dp tend vers zéro, ou tout au moins vers une valeur absolue très faible, quand on s'approche des confins de l'atmosphère, et il faut en conclure que le coefficient μ tend lui même à s'annuler.

L'intensité du rayonnement étant d'ailleurs évaluée d'après le nombre d'ions libérés, ces faits expérimentaux prouvent qu'il est indispensable d'établir une nette distinction entre l'agent qui provoque l'apparition des ions et l'agent qui intervient dans le mécanisme de l'absorption : dans les parties les plus reculées de l'atmosphère, le premier de ces agents est présent, et agit avec la plus grande activité, alors que le second ne se manifeste pas encore. Mais il se trouve en même temps démontré que les ions, qui naissent dans ces régions, ne peuvent résulter que de l'arrachement de particules comportant une faible énergie de liaison par rapport aux atomes; ces particules ne peuvent être que des électrons extra-nucléaires et, à ce moment, la stabilité des noyaux ne saurait être en cause, sans quoi le calcul montre qu'il y aurait absorption notable.

A nos yeux, le premier agent n'est autre que le rayonnement électromagnétique primaire, dû à la radioactivité des protons libres, dont nous avons donné les caractéristiques (1). Souvenons-nous maintenant que, d'après la conception ondulatoire des rayonnements électromagnétiques, ceux-ci entraînent et guident les particules suivant une loi que nous avons fait connaître (2) : dans un rayonnement de longueur d'onde λ, les vitesses stables, d'un électron de masse m'_0, sont telles que les quantités de mouvement à considérer se trouvent définies par l'expression $m'_0 v/\sqrt{1-\beta^2} = ph/\lambda$, où $\beta = v/c$ et où p, qui est susceptible de prendre une valeur entière quelconque, est en général égal à un. Les électrons extra-nucléaires arrachés aux atomes forment ainsi, *progressivement*, un rayonnement secondaire régulier, qui constitue, pensons-nous, le second agent, celui par l'intermédiaire duquel s'opère l'absorption.

Calculons l'énergie ε d'un électron entraîné par une composante de fréquence ν. De la relation

$$\frac{m'_0 v}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{h}{\lambda} = \frac{h\nu}{c},$$

on tire, en élevant au carré,

$$\beta^2[(m'_0 c^2)^2 + (h\nu)^2] = (h\nu)^2;$$

(1) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 698.

(2) *Gravitation, lumière et électromagnétisme*, p. 59.

d'où

$$1-\beta^2=\frac{(m'_0 c^2)^2}{(m'_0 c^2)^2+(h\nu)^2},$$

et, $(m'_0 c^2)^2$ étant ici négligeable devant $(h\nu)^2$, on a sensiblement

$$1-\beta^2=\frac{(m'_0 c^2)^2}{(h\nu)^2}.$$

Il vient alors

$$\varepsilon=\frac{m'_0 c^2}{\sqrt{1-\beta^2}}=h\nu,$$

et, $\sqrt{1-\beta^2}$ étant très petit, cette énergie est, pour la plus grande partie, de l'énergie cinétique.

Finalement, on voit que, d'après la conception ondulatoire des rayonnements électromagnétiques comme dans l'hypothèse des photons, l'absorption du rayonnement cosmique résulte du bombardement et de la dislocation des atomes par des corpuscules qui présentent, individuellement, des caractères mécaniques identiques (quantité de mouvement $h\nu/c$ et énergie $h\nu$). Mais il est essentiel de considérer que, s'il existait des photons dans les rayonnements électromagnétiques, au lieu de se manifester progressivement, l'absorption du rayonnement cosmique commencerait brutalement, et il en serait d'ailleurs de même si le rayonnement primaire était constitué par des électrons, de très grande énergie cinétique, provenant de l'extérieur de l'atmosphère. Cette dernière manière de voir, comme l'hypothèse des photons, conduisent donc à des prévisions qui sont en désaccord avec les faits expérimentaux.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Au sujet des équations de l'électromagnétisme.* Note (¹) de M. F. **Prunier.**

Considérons dans le vide un phénomène électromagnétique quelconque obéissant aux équations de Maxwell. Soient X, Y, Z les composantes du vecteur électrique, L, M, N celles du vecteur magnétique, G_1, G_2, G_3 celles du potentiel vecteur, et H le potentiel scalaire. Chacune de ces dix quantités satisfait à l'équation des ondes.

Prenons ce mot au sens d'Hugoniot, et soit $\Phi(x, y, z, t)=0$ l'équation

(¹) Séance du 27 mars 1933.

du front de l'onde. A un instant infiniment peu postérieur au passage de l'onde, les quantités envisagées ont des parties principales de la forme

$$\frac{1}{2} X_0 \Phi^2, \quad \ldots, \quad \frac{1}{2} G_{01} \Phi^2, \quad \ldots,$$

les lettres à indices o désignant certains vecteurs, et Φ la valeur prise au point et à l'instant considérés par le premier membre de l'équation du front. Supposons cette équation écrite de telle manière que les dérivées partielles $\partial\Phi/\partial x, y, z$ et $-\partial\Phi/\partial t$ soient respectivement les cosinus directeurs α, β, γ de la normale au front et la vitesse c de propagation de l'onde.

Les dérivées partielles des X, ..., H ont des parties principales de la forme $\partial X/\partial y = \beta X_0 \Phi$, etc.

Si nous substituons ces valeurs dans les équations de Maxwell-Lorentz, nous obtenons deux groupes d'équations de la forme

$$L_0 = \beta Z_0 - \gamma Y_0, \qquad X_0 = \gamma M_0 - \beta N_0,$$

avec, dans chaque groupe, deux équations analogues s'obtenant par permutations.

Substituons maintenant dans les équations de définition du vecteur électrique en fonction du potentiel scalaire et du potentiel vecteur, qui sont de la forme

$$X = -\frac{1}{c}\frac{\partial G_1}{\partial t} - \frac{\partial H}{\partial x}. \tag{1}$$

Nous trouvons

$$\frac{1}{2} X_0 \Phi = G_{01} - \alpha H_0.$$

Le premier membre étant infiniment petit, on doit avoir

$$H_0 = \frac{G_{01}}{\alpha},$$

et de même

$$H_0 = \frac{G_{02}}{\beta} = \frac{G_{03}}{\gamma}.$$

L'équation complémentaire

$$\frac{\partial G_1}{\partial x} + \frac{\partial G_2}{\partial y} + \frac{\partial G_3}{\partial z} = -\frac{1}{c}\frac{\partial H}{\partial t}$$

donnerait aussi le même résultat :

$$H_0 = \alpha G_{01} + \beta G_{02} + \gamma G_{03}.$$

Si l'on tient compte de ce résultat, les équations trouvées plus haut s'écrivent

$$L_0 H_0 = Z_0 G_{02} - Y_0 G_{03}, \qquad X_0 H_0 = M_0 G_{03} - N_0 G_{02}$$

avec, dans chaque groupe, deux équations analogues.

En multipliant chacune des quantités qui y entrent par $1/2\,\Phi^2$, et en tenant compte d'autre part de ce que la solution générale des équations de Maxwell dans le vide diffère de celle que nous venons de considérer par l'adjonction au vecteur électrique du gradient d'une fonction $\psi(x, y, z)$, on arrive aux deux groupes suivants :

$$(2) \qquad \begin{cases} L = \frac{1}{H}(ZG_2 - YG_3), \\ X = \frac{1}{H}(MG_3 - NG_2) + \frac{\partial \psi}{\partial x}. \end{cases}$$

Ces relations seraient vraies aussi, et dans tout l'espace, s'il s'agissait d'ondes sinusoïdales.

A notre connaissance, elles n'ont pas encore été proposées. Celles du second groupe présentent immédiatement une particularité digne de remarque. Elles sont de la même forme que les formules de Lorentz pour l'expression de la force mécanique agissant sur une charge qui aurait la vitesse $(G_1/H, G_2/H, G_3/H)$, ou une vitesse proportionnelle à ce vecteur.

On peut se demander s'il n'y a pas là autre chose qu'une coïncidence pure et simple sans interprétation physique possible.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Propriétés conductrices du caoutchouc fortement chargé en noir de fumée.* Note [1] de M. J. **Granier**, présentée par M. Paul Janet.

A l'état pur, le caoutchouc vulcanisé est un bon isolant, tant en courant continu qu'en courant alternatif. Mais les caoutchoucs du commerce voient leurs propriétés électriques profondément modifiées par les charges minérales ou organiques qu'on leur incorpore. C'est ainsi qu'une proportion de 0,5 pour 100 de noir de fumée augmente déjà d'une manière sensible les pertes en courant alternatif; une proportion plus élevée de ce produit peut rendre le caoutchouc franchement conducteur.

La fabrication d'un caoutchouc très fortement chargé présente de

---

[1] Séance du 27 mars 1933.

sérieuses difficultés techniques surtout lorsqu'il s'agit de noir de fumée, et nous n'avons pas pu dépasser la proportion de 50 pour 100. L'échantillon dont nous allons étudier les propriétés répond à la formule suivante :

Gomme de Madagascar	1000
Noir de pétrole	1000
Mercaptobenzothiazol	15
Oxyde de zinc	42
Soufre	25

(vulcanisation entre plateaux à 155° pendant 45 minutes).

Les qualités mécaniques de ce caoutchouc sont très médiocres, mais, par contre, ses propriétés électriques sont fort intéressantes. En courant alternatif, il présente un pouvoir inducteur très élevé (31 à la fréquence 600, 22 à la fréquence 15000). En courant consinu, il est franchement conducteur, et cette conductibilité paraît être de nature purement électronique: elle ne varie pas, en effet, sensiblement en fonction du temps, et les armatures ne présentent aucune trace de corrosion.

La résistance électrique de ce caoutchouc dépend très nettement de son état d'extension ou de compression. Prenons-en, par exemple, un ruban et maintenons-le entre deux pinces qui serviront à la fois à amener le courant et à exercer un effort de traction. Au moyen d'un poids de 10^{kg}, soumettons cet échantillon à des alternatives d'extension et de repos, à des intervalles de 5 minutes; pour un ruban de $1^{mm},6$ d'épaisseur, de 30^{mm} de largeur et de 50^{mm} de longueur utile, sous une différence de potentiel de 120 volts, nous obtenons, au bout de quelques manœuvres, des courants de 11 microampères pour l'échantillon tendu et de 0,6 microampère pour l'échantillon au repos.

Opérons de même à la compression, en maintenant l'échantillon serré entre deux plateaux métalliques parallèles; pour un poids de 20^{kg} et une tension de 120 volts, un échantillon de 1^{cm^2} de surface et de $0^{cm},16$ d'épaisseur laisse passer 1,66 milliampère quand il est comprimé, et 0,185 milliampère quand on supprime la pression.

Ainsi le caoutchouc fortement chargé en noir de pétrole et déjà quelque peu usagé (pour éviter les anomalies qu'il présente au sortir de la fabrication) possède une résistance variable dont la valeur est fonction de son état mécanique : la conductibilité, faible au repos, est considérablement augmentée par l'extension ou par la compression. A vrai dire, cette correspondance entre l'état mécanique et la résistance électrique n'est pas rigoureuse et les phénomènes d'hystérésis sont fort sensibles; il n'en reste pas moins

que cette conductibilité est susceptible d'applications intéressantes. J'ai pu, en particulier, obtenir les résultats suivants :

Résistance réglable. — Un récepteur de T. S. F. (amplification à résistances) équipé au caoutchouc a fonctionné normalement pendant plusieurs semaines.

Piézographe, microphone. — En utilisant un amplificateur à deux étages (lampe à écran ; liaison par pile ; lampe de puissance) j'ai relevé à l'oscillographe les vibrations d'un moteur d'automobile ; j'ai également inscrit, en vue d'étudier sa marche, les battements d'une pendule.

Pick-up. — Avec l'amplificateur précédent, j'ai pu obtenir des reproductions phonographiques normales sans déformation sensible.

Entretien de diapason. — Enfin, en utilisant une seule lampe amplificatrice, j'ai pu entretenir pendant plusieurs jours, sans difficulté, un diapason de fréquence 100.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'absorption infrarouges de dérivés halogénés du méthane, étudiés avec un spectromètre enregistreur.* Note de M. **J. Lecomte**, présentée par M. A. Cotton.

Dans notre spectrographe enregistreur pour l'infrarouge, le papier photographique reste immobile : la seule rotation d'un miroir permet d'obtenir automatiquement la courbe représentant la répartition de l'énergie dans le spectre.

Nous nous sommes inspiré d'un principe indiqué par Angström [*Nova Acta Upsal.* (2), 1895, p. 1-4], mais qui, à notre connaissance, n'avait pas été appliqué jusqu'à présent. Dans notre spectrographe, toutes les parties sont fixes, sauf le prisme, Celui-ci entraîne dans sa rotation un miroir M sensiblement vertical. Le miroir M reçoit l'image du spot du galvanomètre relié au récepteur (pile thermo-électrique) et la renvoie sur un papier photographique sensible, maintenu dans une position verticale et fixe. Les abscisses de l'enregistrement correspondent ainsi aux longueurs d'onde. Pour que les ordonnées représentent les intensités des radiations dans le spectre, on transforme les mouvements horizontaux du spot, dus à la rotation du miroir du galvanomètre, en mouvements verticaux, en interposant, entre le miroir du galvanomètre et le miroir M, un système de deux miroirs plans fixes, placés l'un par rapport à l'autre sur un axe vertical, inclinés tous deux d'environ 45° sur l'horizontale, et disposés de telle manière que leurs traces sur un plan horizontal soient perpendiculaires entre elles. Le réglage de l'ensemble de notre dispositif est satisfaisant lorsque la courbe tracée correspond à un système d'axes de coordonnées rectangulaires.

En munissant successivement le spectrographe enregistreur d'un prisme de sel gemme et d'un prisme de sylvine (synthétique), nous avons obtenu, entre les fréquences de 500 et 1450 cm^{-1} environ (en longueurs d'onde de 20$^{\mu}$ à 6$^{\mu}$,9) les spectres d'absorption de dérivés halogénés du méthane (à l'état liquide) qui, pour la plupart, n'avaient pas encore été mesurés.

1° Les positions des maxima infrarouges correspondant, en général, à une absorption d'au moins 90 pour 100 pour une couche de substance de 0^{mm},01 sont en accord satisfaisant avec celles que l'on calcule d'après des raies très bien marquées dans le spectre de diffusion. (Colonnes A et B du tableau; pour l'effet Raman, les nombres sont ceux de la monographie de Kohlrausch.) En accord avec les autres auteurs, nous considérons ces fréquences comme représentant des vibrations fondamentales des molécules.

	Maxima d'absorption observés.			*Raies Raman.*	
	B.	A.	δ.	B.	A.
CH^3Cl	731 (1)		1020 (1) cm^{-1}	712 cm^{-1}	
	↙	↘		↙	↘
CH^2Cl^2	714	737	1246	700	736
$CHCl^3$	667	760	1204	667	761
CCl^4	★	785	〃	459	791
CH^3Br	(598, 624) (2)		957	594	
	↙	↘		↙	↘
CH^2Br^2	575	644	1176	576	637
$CHBr^3$	538	662	1128	539	655
CBr^4 (en sol. dans CS^2)	★	665	〃	265	667
CH^3I	(519, 544) (2)		882	522	
	↙	↘		↙	↘
CH^2I^2	★	573	1095	487	573
CHI^3 (en sol. dans CS^2)	★	576	1053	〃	〃

★ signifie que la bande, si elle existe, est à chercher en dehors de notre domaine spectral; (1), suivant Benet et Meyer, à l'état de vapeur; (2), suivant Sleator, à l'état de vapeur.

Les autres zones d'absorption moins forte (colonne δ, ainsi que de nombreuses bandes qui ne sont pas indiquées dans le tableau précédent), dans l'ensemble, ne se retrouvent pas, ni en position, ni avec une intensité comparable dans le spectre de diffusion.

2° On observe, dans chacune des trois colonnes du tableau, en passant des dérivés chlorés aux dérivés bromés et iodés correspondants, un déplacement des maxima d'absorption vers de plus basses fréquences. Pour des corps renfermant un nombre différent d'atomes d'un même halogène, la

bande A se déplace vers de plus basses fréquences lorsque le nombre des atomes croît, mais l'inverse a lieu pour la bande B.

3° Comme l'avaient fait Marvin, Schæfer ou Trumpy avec CCl^4, nous avons essayé, pour les autres corps, d'expliquer l'apparition des zones secondaires d'absorption au moyen de fréquences de combinaison. Nos résultats apparaissent comme satisfaisants pour CBr^4 et les dérivés trihalogénés. Comme application, nous avons tenté de trouver l'ordre de grandeur des trois fréquences propres de l'iodoforme, B, C, D, situées au-dessous de 500 cm^{-1} (le spectre de diffusion ne semble pas avoir été encore obtenu), en nous aidant de la similitude entre les spectres d'absorption infrarouges de $CHCl^3$, $CHBr^3$ et CHI^3 et de la remarque que des bandes correspondant à des combinaisons analogues de fréquences s'éloignaient du visible quand on remplaçait Cl par Br et par I. Trois bandes d'absorption de CHI^3, pour lesquelles nos déterminations concordent avec celles de Coblentz, paraissent ainsi pouvoir s'expliquer par les combinaisons suivantes : $A + C = 825$; $A + D = 714$; $2B + C = 1163$, ce qui, avec la valeur $A = 576\,cm^{-1}$ que nous avons mesurée, donne : $B = 457\,cm^{-1}$ $C = 249\,cm^{-1}$ $D = 138\,cm^{-1}$. Comme vérification, la combinaison $A + C + D$ donne 963 cm^{-1} alors que l'on observe une bande vers 950 cm^{-1}.

L'emploi des fréquences de combinaison conduit aussi à des résultats satisfaisants pour les dérivés dihalogénés, mais il ne semble pas permettre d'expliquer le spectre d'absorption de l'iodure de méthyle que nous avons obtenu, à moins d'admettre qu'il existe d'autres fréquences fondamentales en plus de celles qui ont été mesurées.

PHOTOGRAPHIE. — *Sur la mesure précise des densités photographiques.* Note de MM. **P. Fleury** et **G.-A. Boutry**, présentée par M. Ch. Fabry.

L'étude photométrique des clichés photographiques se présente sous deux aspects différents, suivant qu'on cherche à repérer exactement la position des maxima d'opacité sur des images linéaires ou ponctuelles, ou bien à mesurer avec précision la « densité optique » (cologarithme vulgaire du facteur de transmission) de plages relativement larges, de l'ordre du millimètre carré, par exemple. La plupart des *microphotomètres*, destinés au dépouillement des spectrogrammes ou des clichés d'étoiles, ne conviennent qu'imparfaitement à l'étude des clichés obtenus en photométrie et en sensitométrie photographiques. Nous avons étudié les conditions de réalisation

d'un *densitomètre* sensible, fidèle, d'emploi relativement simple, et permettant de déterminer éventuellement l'influence de la nature de la lumière et de l'ouverture angulaire des faisceaux utilisés.

Avec les meilleurs photomètres *visuels* adaptés à la mesure des densités, tel celui de MM. Fabry et Buisson (¹), l'incertitude relative sur le facteur de transmission ne semble guère, pour des raisons d'ordre physiologique, pouvoir être abaissée au-dessous de 1/200ᵉ; les mesures exigent un observateur entraîné, elles sont fatigantes, et cessent d'être précises ou même possibles quand elles portent sur des densités élevées (supérieures à 4 par exemple) ou sur une lumière à laquelle l'œil est peu sensible.

Certains de ces inconvénients sont éliminés par l'emploi d'un récepteur *thermo-électrique* (²). Mais les courants à mesurer sont très petits, la faiblesse de la résistance des couples et leur inertie (petite, mais non négligeable) rendent l'amplification particulièrement difficile.

Les possibilités d'emploi de *cellules photo-électriques* en photométrie ont été étudiées par nous à diverses reprises (G.-A. Boutry, *Journal de Physique*, 1932, p. 250; P. Fleury, *Revue d'Optique*, 11, 1932, p. 385). Les cellules les plus sensibles (à cathode spécialement traitée et à atmosphère gazeuse) présentent des phénomènes de traînage et d'hystérésis tels qu'on ne peut obtenir de résultats fidèles que par une méthode de déviation constante (en substituant l'un à l'autre deux flux lumineux dont on réalise l'égalité). Sous cette réserve, l'emploi d'une cellule est d'une grande commodité, le courant fourni pouvant être aisément amplifié par un dispositif auquel on demandera seulement d'être sensible et stable.

Il est commode d'utiliser comme terme de comparaison un coin double en verre gris formant lame à faces parallèles d'épaisseur variable, dont la densité D réglable est connue en valeur absolue par un étalonnage préalable. La méthode la plus simple en principe consisterait à interposer sur le passage du flux lumineux reçu par la cellule, tantôt le cliché étudié, tantôt le coin convenablement réglé. Il nous a paru préférable de superposer le cliché (de densité X) et le coin (de densité réglable D), en réalisant la condition $X + D = \text{const.}$ A cet effet, un même flux lumineux peut à volonté traverser soit la lame et le coin, soit un autre système transparent invariable; puis il est reçu par la cellule, qui doit dans l'un ou l'autre cas débiter le même courant. Les conditions d'amplification et de mesure du

(¹) Fabry et Buisson, *Comptes rendus*, 154, 1913, p. 359.
(²) Moll, *Proceedings Physical Society*, 33, 1921, p. 395.

courant amplifié (au besoin par une méthode d'opposition) sont ainsi toujours les mêmes.

Pour substituer l'un à l'autre les deux trajets suivis par la lumière, l'emploi d'un nicol tournant suivi d'un prisme biréfringent s'est montré avantageux, à cause notamment de la faible ouverture des faisceaux utilisables; celui d'un disque tournant à secteurs alternativement réfléchissants et transparents (A. C. Hardy, *Journal Opt. Soc. Amer.*, 1929, p. 182) provoqua dans le courant photo-électrique l'apparition de parasites troublant les mesures. Nous avons obtenu d'une manière plus simple de bons résultats en déviant à volonté de 90° le faisceau lumineux à l'aide d'un prisme à réflexion totale escamotable, son renvoi dans la cellule étant assuré par une lame à 45° semi-réfléchissante et semi-transparente.

Un densitomètre réalisé par l'un de nous, avec l'aide matérielle des Services de Recherches de l'Aéronautique et en s'appuyant sur les considérations qui précèdent, s'est montré capable de mesurer commodément des densités optiques atteignant 5 avec une incertitude relative de l'ordre de un millième

CHIMIE PYSIQUE. — *Détermination cryoscopique de l'hydratation des ions en solution.* Note de MM. **F. Bourion**, **E. Rouyer** et Mlle **O. Hun**, présentée par M. G. Urbain.

La connaissance de l'hydratation des ions est fondamentale pour la théorie des solutions, car on admet actuellement que lors de la dissolution des sels dans l'eau, les liens qui unissent les ions du réseau cristallin se relâchent, par suite de l'attraction électrostatique des dipôles formés par les molécules d'eau; c'est par un phénomène d'adsorption que se manifeste l'hydratation des ions.

Malgré le grand intérêt que présente la résolution de ce problème on n'est pas parvenu à en donner une solution complètement satisfaisante. La méthode ordinairement utilisée consiste à suivre le transport des ions durant l'électrolyse (¹). Dans un ordre d'idées voisin on a tiré le degré

(¹) Washburn *Z. Phys. Chem.*, 66, 1908, p. 513, et *J. Amer. Chem. Soc.*, 37, 1915, p. 694; Remy, *Z. Phys. Chem.*, 89, 1915, p. 529; Baborovsky, *Rec. Tr. Chim. P.-Bas*, 42, 1923, p. 229 et 533; Baborovsky, Velisek et Wagner, *J. Chim.-Phys.*, 25, 1928, p. 452-481.

d'hydratation des ions de la mesure de leur activité ([1]) et les résultats ainsi obtenus sont différents de ceux fournis par la méthode précédente. On a également déduit l'hydratation des ions de la mesure de l'abaissement de la solubilité de N^2O et C^2H^2 quand on passe de l'eau aux solutions salines ([2]).

Nous avons montré antérieurement ([3]) que l'on pouvait déterminer l'hydratation des ions par des mesures cryoscopiques ou ébullioscopiques comparées lorsqu'on dissout une substance non électrolysable dans l'eau et dans les solutions salines. Si k' est le coefficient cryoscopique observé avec une substance non conductrice dans une solution saline et k dans l'eau, on voit aisément que le pour cent x d'eau fixé sur le sel est

$$x = \frac{100(k' - k)}{k'}. \tag{1}$$

Comme non électrolytes nous avons utilisé ([4]) l'éther, l'acétone et le paraldéhyde $(C^2H^4O)^3$: avec les deux premières substances et fréquemment avec la troisième, bien qu'elle soit associée, on a observé pour les solutions salines étudiées une constante cryoscopique bien définie, mais variant de l'une à l'autre et conduisant toujours à des degrés d'hydratation plus élevés que ceux que fournissent les déterminations les plus récentes.

Dans le même but nous avons opéré par ailleurs avec la résorcine ([5]), mais avec cette substance on se heurte à une difficulté, tenant à ce qu'elle est partiellement associée et donne lieu notamment dans un domaine étendu de concentration à des équilibres entre molécules simples et triples, de sorte qu'il y a deux paramètres à déterminer la constante cryoscopique k' et la constante d'équilibre $k_3 = C^3/c'$.

Nous avons dû renoncer à la méthode des premiers passages par zéro bien qu'elle nous ait conduits à des résultats corrects pour le calcul de la constante ébullioscopique de l'eau, car elle a donné des valeurs trop élevées

---

([1]) Bjerrum, *Z. anorg. Chem.*, **109**, 1920, p. 275; Schreiner, *Z. anorg. Chem.*, **121**, 1922, p. 321, et **135**, 1924, p. 333.

([2]) Manchot, Jahrstorfer et Zepter, *Z. anorg. Chem.*, **141**, 1924, p. 38-81.

([3]) F. Bourion et E. Rouyer, *J. de Chim. phys.*, **24**, 1927, p. 437-469, et **25**, 1928, p. 233-248; F. Bourion et Tuttle, *J. de Chim. phys.*, **26**, 1929, p. 291-311.

([4]) F. Bourion et E. Rouyer, *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 585; **191**, 1930, p. 1082; **192**, 1931, p. 557; F. Bourion et Mlle O. Hun, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 2050, et **196**, 1933, p. 480.

([5]) F. Bourion et Tuttle, *J. de Chim. phys.*, **25**, 1928, p. 485-486; E. Rouyer, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1034; F. Bourion et E. Rouyer, *J. de Chim. phys.*, **24**, 1927, p. 437-468.

pour k' et fait naître des anomalies avec certaines solutions salines, notamment celles de chlorure de lithium.

Nous avons alors admis que les équilibres offerts par la résorcine dans les solutions salines étaient les mêmes que dans l'eau, généralisant ainsi des hypothèses faites antérieurement (*loc. cit.*) sur l'indépendance du comportement de ce polyphénol au regard du sel présent dans la solution; autrement dit, le paramètre k' doit être calculé de manière que la constante k_3 possède la même valeur que dans l'eau.

L'équation (1) montre que pour avoir x il faut connaître k relatif à l'eau. Or l'expérience nous a fait voir qu'en solution suffisamment étendue la résorcine est entièrement dépolymérisée, car dans l'hypothèse d'une molécule simple nous avons observé aux concentrations 0,125 et 0,0625 respectivement les constantes cryoscopiques 18,33 et 18,55, soit en moyenne 18,4.

Nous avons alors déterminé la constante k_3 de la résorcine dans l'eau et en prenant $k = 18,4$ nous avons obtenu à la suite de nombreuses déterminations $k_3 = 3,500$ en moyenne pour des concentrations variant de 1,000 à 3,000 valeur identique à celle que l'un de nous avait publiée avec M. Tuttle bien que les abaissements correspondant à chaque concentration fussent un peu différents.

Il conviendra donc d'après cela, de choisir k' de manière que k_3 soit égal à 3,500.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la mesure du degré de poli en vue de la détermination de la tenue à la corrosion des aciers inoxydables.* Note [1] de M. **Jean Cournot** et Mlle **Louise Halm**, présentée par M. Léon Guillet.

L'un de nous a précisé [2] toute l'importance du degré de poli sur la tenue à la corrosion des aciers inoxydables à 18 pour 100 de chrome et 8 pour 100 de nickel; nous nous étions borné, dans ces expériences, à identifier ce degré de poli par la grosseur de l'abrasif employé, ou la nature du décapage ou du sablage dans la préparation des surfaces. Il était indispensable de chercher à chiffrer ce coefficient; nous y avons réussi par la méthode que nous décrivons ici et dont nous indiquerons quelques résultats.

---

(1) Séance du 27 mars 1933.

(2) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1335.

Appareillage. — L'appareil employé est un comparateur à cellule photo-électrique Rhône-Poulenc composé d'une cellule, d'un étage d'amplification par lampe triode, d'une source lumineuse et d'un milliampèremètre à deux sensibilités, avec, outre les diverses sources de courant, un compensateur destiné à annuler le courant photo-électrique résiduel qui se produit quand la cellule est dans l'obscurité; le rayon lumineux issu de la source présente un angle d'incidence de 45° sur la surface métallique, le rayon réfléchi tombant normalement sur la cellule. Un dispositif d'ensemble facilement maniable permet l'exécution rapide des mesures sur des tôles de grandes dimensions.

Étalonnage de l'appareil. — On place la source lumineuse à des distances données et l'on envoie normalement sur la cellule un faisceau de rayons. On trace ainsi des courbes $I = f(10^4/D^2)$, chacune d'elles correspondant à une tension différente appliquée aux bornes de la cellule.

I est le courant photo-électrique amplifié évalué arbitrairement en graduations du milliampèremètre.

$10^4/D^2$ représente le flux lumineux reçu par la cellule, également évalué en unités arbitraires (D étant mesuré en centimètres, le facteur 10^4 évite les chiffres décimaux).

Ces courbes présentent une partie droite utilisée pour les mesures et dont l'équation peut s'écrire

$$I = A\frac{10^4}{D^2}, \qquad \text{avec} \qquad A = KV \qquad (V = \text{tension de la cellule}).$$

Procédé de mesure. — La distance source-échantillon-cellule parcourue dans l'appareil par les rayons lumineux est de 10^{cm}. Si l'on place la source à 10^{cm} de la cellule en ligne droite, le flux lumineux directement transmis est équivalent à celui qui serait renvoyé par une surface *parfaitement* réfléchissante. On peut donc prendre ce flux comme étalon de comparaison

$$F_m = \frac{10^4}{10^2} = 100;$$

le courant correspondant est le courant maximum qu'on peut obtenir dans les mesures.

Un échantillon poli placé sur l'appareil donne un courant inférieur. Connaissant la tension de fonctionnement, il est possible de déterminer sur la courbe d'étalonnage le flux correspondant F. On peut ainsi caractériser le degré de poli d'un échantillon, non par une simple lecture de courant sur le milliampèremètre (lecture qui varie suivant les conditions d'essai et la tension), mais par le rapport pour 100 :

$$R\,\% = \frac{(\text{Quantité de lumière transmise par l'échantillon}) \times 100}{(\text{Quantité de lumière directement transmise})} = \frac{F}{F_m} \times 100;$$

comme $F_m = 100$, on voit que $R\,\% = F$ *et qu'une lecture directe sur la courbe*

d'étalonnage donne immédiatement la valeur de R. R est en somme un « pouvoir réflecteur » fonction du polissage.

Résultats obtenus. — Les expériences ont été effectuées sur un acier inoxydable à structure austénitique; nous avons essayé cinq émeris et cinq potées d'émeri de grosseurs différentes, deux alumines (1ᴴ et 24ᴴ), un sablage (sable tamis 80 sous 4^{kg}) et un décapage à l'eau régale. La première colonne du tableau range les abrasifs par grains décroissants.

Les mesures ont été faites suivant les directions de polissage, les directions perpendiculaires et les directions à 45° de ces dernières, chaque mesure a été exécutée en double. Les surfaces avaient été soigneusement dégraissées au préalable.

Le tableau ci-après rassemble les résultats obtenus; leur progression en fonction de la grosseur d'abrasif est très satisfaisante. La dernière colonne donne le rapport des pouvoirs réflecteurs suivant la direction du polissage et la direction perpendiculaire. Ce rapport est d'autant plus grand que le polissage est plus grossier.

Résultats des mesures faites au comparateur photo-électrique.

Polissages.	Tension cellule.	0°-180°-360°. I.	R %.	45°-225°. I.	R %.	90°-270°. I.	R %.	135°-315°. I.	R %.	Moyenne R %.	Rapport des R % dans le sens du polissage et le sens ⊥.
Sablage......	54ᵛ	11	4.5	11	4,5	11	4,5	11	4,5	4,5	1
Décapage....	54	23	10	23	10	23	10	23	10	10	1
Papier 4.....	54	62	27	46	21	42	19	50	22,5	22	1,38
» 2.....	54	67	28,5	52	23	47	21	54	24	24	1,35
» 1G...	54	75	31,5	60	26	55	24	65	28	26	1,31
» 1.....	54	78	32,5	64	27,5	58	25	68	29	28,5	1,30
» 1F....	54	90	37	79	33	76	32	82	34	34	1,16
» 0.....	45	91	44	86	42	84	41	89	43	42,5	1,07
» 00....	36	79	46.5	74	44	74	44	76	45	45	1,05
» 000...	36	88	51	85	49,5	82	48	84	49	49	1,06
» 04....	36	96	55	93	53,5	92	53	94	54	54	1,04
» 05....	36	98	56	96	54.5	94	54	98	55,5	55	1,04
Al^2O^3 1H.....	18	86	67	86	67	86	67	86	67	67	1
Al^2O^3 24H...	18	92	71	92	71	92	71	92	71	71	1

Conclusions. — L'appareillage et la méthode employés satisfont donc au but envisagé; l'emploi de la courbe d'étalonnage permet la lecture directe du pouvoir réflecteur et cette mesure est ainsi indépendante, aux erreurs d'expérience près, de l'appareil utilisé.

COLLOÏDES. — *Influence des rayonnements radioactifs sur la floculation des colloïdes.* Note de M. **Augustin Boutaric** et Mlle **Madeleine Roy**, présentée par M. C. Matignon.

I. Un certain nombre d'auteurs depuis Victor Henri et André Mayer [1] ont examiné l'action des rayonnements radioactifs sur la floculation des solutions colloïdales. Mais il nous a paru intéressant d'étudier avec précision l'influence de ces rayonnements sur la durée d'évolution de solutions colloïdales additionnées de quantités convenables d'électrolyte, en suivant cette évolution par des mesures de coefficient d'absorption lumineuse au moyen d'un spectrophotomètre.

Comme source de rayonnement nous avons utilisé : 1° une petite ampoule de radon en verre à parois très minces, protégée par un tube de verre plus résistant d'environ $0^{mm},5$ d'épaisseur, qui contenait primitivement 20 millicuries de radon; 2° une solution de radon dans l'eau dont la radioactivité initiale était de 10 millicuries par litre d'eau.

Les expériences ont porté : 1° sur un sol d'hydrate ferrique à granules positifs; 2° sur le même sol d'hydrate ferrique dont les granules avaient été rendus négatifs par addition d'une quantité convenable de PO^4Na^3; 3° sur un sol de sulfure d'arsenic (granules négatifs); 4° sur une suspension de résine mastic à granules négatifs; 5° sur la même suspension de résine mastic dont les granules avaient été rendus positifs par addition d'une quantité convenable de chlorure d'aluminium.

II. Dans tous les cas les sols à granules positifs ont floculé plus rapidement sous l'influence d'un rayonnement radioactif, tandis que les sols à granules négatifs ont donné des durées de floculation rigoureusement égales en présence ou en l'absence d'un rayonnement. Nos expériences établissent d'une façon définitive que la sensibilité de la floculation à l'action des rayonnements radioactifs ne dépend pas de la constitution chimique des granules mais seulement de leur signe électrique : ainsi tandis que le sol d'hydrate ferrique à granules positifs présente une sensibilité très nette à l'action des rayonnements radioactifs, le même sol, après que les granules ont été rendus négatifs par addition de phosphate de soude, ne montre plus aucune trace de sensibilité; par contre, tandis

(1) Victor Henri et André Mayer, *C. R. Soc. Biol.*, 2, 1904, p. 33.

que les suspensions ordinaires de résine mastic à granules négatifs sont absolument insensibles à l'action du rayonnement radioactif, la même suspension, après que ses granules ont été rendus positifs par addition de chlorure d'aluminium, présente une sensibilité appréciable.

A titre d'exemple, voici quelques indications sur les expériences faites avec le sol d'hydrate ferrique à granules positifs ($0^g,6$ de Fe^2O^3 par litre) préparé par hydrolyse à chaud du chlorure ferrique.

A 10^{cm^3} du sol, on ajoutait 10^{cm^3} d'eau et 10^{cm^3} d'une solution d'azotate de potassium de concentration c; le mélange était introduit dans deux cuves identiques à faces parallèles, dans l'une d'elles on disposait le tube de radon (15 millicuries), et l'autre servait de témoin. On suivait au spectrophotomètre l'opacité en fonction du temps, et l'on déterminait les durées t_1 (témoin), t_2 (radon) au bout desquelles l'opacité atteignait sa valeur limite; ces durées t_1 et t_2 représentaient les durées de floculation dans les conditions considérées.

c.	t_1.	t_2.
1 N	90 min.	40 min.
1,04	60 »	19 »
1,08	25 »	10 »

Les expériences relatives à l'influence de la solution aqueuse de radon étaient conduites de la manière suivante : à 10^{cm^3} du sol on ajoutait 10^{cm^3} d'eau radioactive (4 millicuries par litre) et 10^{cm^3} d'une solution électrolytique obtenue en diluant une solution deux fois normale d'azotate de potassium jusqu'à 10^{cm^3} avec de l'eau radioactive. Pour un volume de la solution deux fois normale d'azotate de potassium égal à $5^{cm^3},2$, les durées de floculation observées sur un mélange témoin préparé avec de l'eau ordinaire et sur le même mélange préparé avec de l'eau radioactive ont été :

Mélange préparé avec de l'eau ordinaire	60 min.
Mélange préparé avec de l'eau radioactive	14 »

III. Ces expériences semblent devoir s'interpréter par une action sensibilisatrice des rayons β du radon ayant traversé le tube de verre ou émis directement dans le mélange floculant par l'eau radioactive, ces rayons β favoriseraient la neutralisation des granules positifs en présence d'électrolyte. Il ne semble pas que les rayons β secondaires produits dans le mélange floculant par les rayons γ interviennent d'une manière appréciable dans le phénomène : en effet, un tube de platine destiné aux usages médicaux

contenant 10^{mg} de radium ne produit aucune influence sur la vitesse de floculation de l'hydrate ferrique positif, alors que dans les mêmes conditions on observe une accélération très notable de la floculation avec 10 millicuries de radon enfermés dans une ampoule de verre qui laisse passer une notable proportion de rayons β.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage du niobium par l'orthooxyquinoléine.* Note de M. **Pierre Süe**, présentée par M. C. Matignon.

L'orthooxyquinoléine est utilisée pour doser de nombreux éléments [1]; à notre connaissance elle n'a jamais été appliquée au dosage du niobium.

Nous avons reconnu que ce métal est précipité quantitativement par l'orthooxyquinoléine en milieu oxalique sous forme d'un produit jaune citron, microcristallin, insoluble, se laissant facilement filtrer et laver.

Nous avons pensé pouvoir utiliser ce composé pour la détermination analytique du niobium. Pour le vérifier nous avons préparé des solutions de titre connu, de niobate de potassium et d'hydrate niobique dans l'acide oxalique.

Les premières solutions étaient obtenues en fondant le pentoxyde de niobium avec du carbonate de potasse, leur teneur en métal était déterminée par précipitation de l'hydrate en milieu sulfurique. Dans un travail antérieur nous avons vérifié que cette méthode pouvait donner une précision de 0,20 pour 100. Les solutions oxaliques furent faites en dissolvant dans cet acide l'hydrate niobique provenant de l'hydrolyse du chlorure que nous avons préparé pur; l'hydrate était au préalable lavé à l'eau chaude jusqu'à disparition des ions chlore. La quantité de niobium contenue était simplement déterminée par évaporation et calcination.

Dans ces solutions nous avons précipité le niobium à l'aide de l'orthooxyquinoléine et pesé le produit obtenu, de plus cette combinaison calcinée laissait comme résidu l'acide niobique correspondant; on pouvait aussi y doser volumétriquement la quantité de base intervenant dans sa composition.

Des nombreux essais effectués, nous avons déduit les meilleures conditions opératoires d'obtention de la combinaison microcristalline. La prise d'essai

---

(1) Berg, *Pharmaz. Zeit.*, **71**, 1927, p. 1542, et **74**, 1924, p. 1364; J. Calvet, *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 148.

correspondant à un poids d'environ 40^{mg} d'acide niobique est étendue à 120-150$^{cm^3}$, puis additionnée de $0^g,2$ à $0^g,5$ d'acide oxalique (seulement pour les solutions de niobate) et de 5^{cm^3} d'une solution d'acétate d'ammonium à 10 pour 100; la solution est neutralisée par l'ammoniaque en présence de phtaléine, du phénol, puis portée à 70° pendant quelques instants et mêlée alors avec un excès de la solution hydroalcoolique d'orthooxyquinoléine [3^g orthooxyquinoléine, 70^{cm^3} alcool, 30^{cm^3} d'eau); on porte à l'ébullition pendant une demi-heure, temps nécessaire pour obtenir une précipitation complète et rendre le produit microcristallin. Après un repos d'un quart d'heure, on essore sur un creuset filtrant en verre d'Iéna et on lave avec 125^{cm^3} d'eau tiède. La dessiccation se fait à l'étuve à 115° pendant 2 heures.

Pour le dosage volumétrique de la base organique on opère en suivant la méthode de Berg. Elle consiste à dissoudre le composé dans l'acide chlorhydrique, à le bromer par un excès d'une liqueur de bromate de potassium et à déterminer le brome en surplus par l'hyposulfite après addition d'iodure de potassium.

Voici quelques-uns de nos résultats :

Nb^2O^5 de la solution initiale (en mg).	Nb^2O^5 calculé (en mg).	Poids de précipité (en mg).	Orthooxyquinoléine par volumétrie (en mg).	Rapport $\frac{Nb^2O^5}{\text{sel de niobium}}$.	Rapport $\frac{\text{Base}}{\text{sel de niobium}}$.
–	–	180,9	144,3	–	0,7976
–	–	180,7	143,5	–	0,7941
–	–	144,5	111,7	–	0,7730
–	–	97,2	75,5	–	0,7767
–	–	50,7	39,4	–	0,7771
–	–	30,8	24,0	–	0,7791
49,6	49,5	184,8	–	0,2684	–
49,6	49,3	184,0	–	0,2695	–
49,6	50,2	187,6	–	0,2643	–
45,8	45,3	169,4	–	0,2703	–
45,8	45,6	170,5	–	0,2686	–
21,9	21,8	81,7	–	0,2680	–
38,3	38,5	144,0	–	0,2660	–

Les moyennes des deux rapports sont 0,2678 et 0,783.

En utilisant la valeur du premier rapport nous avons calculé les nombres de la deuxième colonne. La comparaison de ces nombres avec la teneur des solutions initiales permet de justifier cette nouvelle méthode de dosage du niobium ; elle présente sur l'ancien procédé, qui fait intervenir un précipité colloïdal, le grand avantage d'être beaucoup plus rapide et plus facilement

réalisable en évitant les longs et délicats lavages de l'hydrate gélatineux. En outre, elle est sensible et permet par conséquent de reconnaître la présence de petites quantités de matière; il est possible de manifester un louche avec 1/100000e de gramme dans 1^{cm^3}.

A l'aide des rapports précédents, on détermine la formule brute du composé contenant une molécule d'oxyde de niobium Nb^2O^5; le poids moléculaire correspondant est 995, 5 et le nombre de molécules d'ortho-oxyquinoléine est égal à 5,4.

Nous devons admettre 5,5, ce qui nous donne comme formule globale

$$Nb^2O^5 + 5,5\,C^9H^7ON \quad (\text{P. M. } 1072)$$

aux molécules d'eau près. La différence entre le poids moléculaire effectif et cette valeur de 1072 est négative et égale à 76,5, elle correspond à 4,2 molécules d'eau, nous pouvons donc conclure que la composition du corps microcristallin correspond à la formule $Nb^2O^5 + 5,5(C^9H^7ON) - 4H^2O$ avec une certaine indétermination sur le coefficient 4, nombre de molécules d'eau.

CHIMIE MINÉRALE. — *Remarques sur le poids atomique de l'iode.* Note de M. **Guichard**, présentée par M. G. Urbain.

Le poids atomique de l'iode est celui que le tableau de la Commission internationale donne avec le plus de précision. La valeur 126,932 que l'on y trouve fait penser que la troisième décimale présente un certain intérêt, cependant il semble bien que des réserves puissent être faites même à l'égard de la deuxième décimale.

Les dernières déterminations du poids atomique de l'iode ont fourni :

126,915 (détermination directe), O = 16 (1914), Guichard [1];
126,905 (détermination directe), O = 16 (1931), Baxter et Butler [2];
126,917 (détermination indirecte), O = 16; Ag = 107,88; Cl = 35,457 (1931), Hönigschmidt [3].

J'avais, le premier, pensé que la détermination directe, par rapport à l'oxygène, du poids atomique de l'iode, était réalisable à partir de l'anhy-

(1) *Ann. de Chim.*, 6, 1916, p. 279.
(2) *J. am. chem. Soc.*, 53, 1931, p. 968.
(3) *Z. ph. Chim.*, *Jub. Bodenstein*, 1931, p. 283.

dride iodique et j'ai donné de ce corps une analyse complète où les composants ainsi que le composé étaient indépendamment déterminés.

Cette analyse a été reprise par Baxter et Butler. Ces auteurs n'ont pas fait l'analyse complète, car ils n'ont pas pesé l'oxygène contenu dans l'anhydride iodique; par contre, ils ont obtenu dans leur série une concordance plus grande que celle que j'avais moi-même réalisée.

Trouvant un nombre plus bas que le mien, et par suite encore plus éloigné du nombre officiel, ils concluent de façon un peu inattendue que l'anhydride iodique ne peut servir pour la détermination du poids atomique de l'iode. Je voudrais ici examiner cette opinion.

Il me semble que les travaux de Baxter et de ses collaborateurs et les miens ont donné les conditions de préparation de l'anhydride iodique à l'état de pureté maxima. A la vérité, la dessiccation absolue de ce corps m'avait paru délicate et Baxter et Tilley avaient été amenés à faire une légère correction pour ce motif. En ce qui concerne mes mesures, toutes mes opérations étant faites dans le vide, les dernières traces d'eau ont été plus complètement éliminées.

D'ailleurs, l'impureté de l'anhydride iodique que craignent surtout Baxter et Butler est un oxyde supérieur de l'iode dont la présence expliquerait l'abaissement du poids atomique de l'iode. Ils considèrent l'intervention de cet oxyde supérieur comme probable. Pourtant, aucun fait d'expérience n'appuie cette supposition, car l'acide periodique n'a jamais été obtenu en l'absence de base et il ne peut être déshydraté sans se détruire aussitôt. La préparation que j'ai utilisée, l'oxydation de l'iode par l'acide azotique, à laquelle on devrait toujours s'adresser, en raison du petit nombre de réactifs mis en jeu, ne doit pas produire d'acide periodique. D'autre part, j'ai calciné l'anhydride iodique jusqu'à 330°, pour en détruire une grande partie, ce qui est un moyen efficace pour éliminer les corps instables.

La préparation utilisée par Baxter et Butler emploie de plus nombreux réactifs, mais ces auteurs ont purifié très attentivement leur acide et ils l'ont porté ensuite à 240°.

Dans ces conditions, la présence dans l'anhydride iodique d'un corps suroxydé qui, malgré la diversité des préparations, serait toujours présent en quantité très faible mais constante, et qui aurait des propriétés n'appartenant à aucun corps connu, m'apparaît comme improbable.

Je serais porté à conclure que l'anhydride iodique employé par Baxter et Butler et par moi était très pur et que l'analyse de cette substance peut encore être recommandée; elle a l'avantage de constituer une de ces

méthodes, trop peu employées à mon avis, de mesure directe de poids atomique par rapport à l'oxygène.

Et puisque les mesures de Hönigschmidt qui, elles, sont indirectes, donnent un résultat également inférieur au nombre recommandé, il paraît sage de ne pas utiliser la valeur 126,932, et de se contenter provisoirement de la valeur 126,91, en recommandant la troisième décimale à l'attention des générations futures.

CHIMIE MINÉRALE. — *Préparation de l'iodure germaneux et action du nitrate d'argent sur les dérivés halogénés du méthane*. Note de M. **A. Tchakirian**, présentée par M. G. Urbain.

Le silicométhane (ou silane) et le germanométhane (ou germane) peuvent donner comme le méthane des dérivés halogénés mono, bi, tri, et tétrasubstitués.

L'analogie des caractères tant physiques que chimiques du chloroforme et du germanochloroforme conduit à attribuer à ces deux composés la même constitution chimique.

Dans le germanochloroforme, le germanium est électrodivalent positif, et il doit être considéré comme un complexe de chlorure germaneux et d'acide chlorhydrique.

Si cette manière de voir est légitime dans le cas du germanium, elle doit l'être dans le cas du carbone.

Par analogie nous avons conclu [1] que le chloroforme est un complexe dans lequel le carbone, atome central, est électrodivalent positif et tricoordonné et auquel convient la formule $\left[C_{+\text{II}}Cl^3\right]_{-}H$.

Il ressort des considérations de M. G. Urbain [2] que, par action du chlore sur le méthane, le carbone peut adopter les électrovalences, $+4$; $+2$; 0; -2 et -4 par simple transfert d'électrons.

En vue d'établir, suivant ces idées, les constitutions coordinatives des divers composés halogénés du méthane, j'ai étudié l'action qu'exerce sur eux soit le chlorure germaneux, soit le nitrate d'argent.

---

(1) A. Tchakirian, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 233; *Bull. Soc. ch.*, **51**, 1932, p. 846.

(2) G. Urbain, *Bull. Soc. ch.*, **51**, 1932, p. 853; *J. Chim. phys.*, **29**, 1932, p. 325; *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1993; *J. Chim. phys.*, séance 8 mars 1933; *Bull. Soc. chim.*, séance 10 mars 1933.

Par addition à froid d'une solution acide d'iodure de potassium à une solution acide de chlorure germaneux j'ai observé la formation d'iodure germaneux.

La solution du chlorure germaneux était obtenue en traitant l'hydrate germaneux par l'acide chlorhydrique concentré (1). L'excès d'eau et le tétrachlorure germanique, dû à l'oxydation de Cl^2Ge, ont été éliminés par distillation entre 100° et 102°.

Le germanochloroforme distille normalement à 75°, mais j'ai constaté qu'en présence d'eau il n'en passe pas trace aux températures inférieures à 102°. La solution finale contenait $0^g,5$ $GeCl^2$ et $0^g,3$ ClH par centimètre cube. La densité du liquide obtenue est environ 1,6.

L'action de l'iodure de méthyle sur la solution de chlorure germaneux conduit aussi à l'iodure germaneux. La réaction se fait à froid en une journée.

On doit éviter la présence d'un excès d'eau qui entrave la précipitation de l'iodure germaneux.

L'iodure de méthyle est par contre sans action sur le chlorure germaneux sec.

La réaction de formation de GeI^2 peut être formulée :

$$2CH^3I + GeCl^2 = GeI^2 + 2CH^3Cl.$$

La solution de chlorure germaneux traitée par C^6H^5I ou par CI^3H en solution chloroformique ne donne aucune réaction. Le composé CH^2I^2 réagit légèrement.

J'ai étudié systématiquement l'action du nitrate d'argent à froid, sur les composés tétra, tri, di et mono chlorés, bromés ou iodés, dérivés du méthane.

Un demi-gramme de chaque composé halogéné étant dissous dans 45^{cm^3} d'alcool et additionné de 5^{cm^3} d'une solution alcoolique (80°) de nitrate d'argent à 10 pour 100.

Les composés CCl^4, CCl^3H et CCl^2H^2 résistent à l'action du nitrate d'argent pendant plusieurs jours. Avec le chlorure de méthyle, on observe après trois heures la précipitation de chlorure d'argent.

Je n'ai rien observé avec CBr^3H et CBr^2H^2, même après trois jours, tandis que CH^3Br précipite immédiatement son brome à l'état de bromure d'argent.

(1) J. Bardet et A. Tchakirian, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 637.

Le composé CH^2I^2 laisse précipiter après 3 heures 0,4 pour 100 de son iode et 29 pour 100 après 26 heures.

L'iodure de méthyle CH^3I laisse précipiter immédiatement 62 pour 100 de son iode et 77 pour 100 après 26 heures.

J'ai effectué la distillation de CH^3I et la précipitation par le nitrate d'argent à la lumière électrique voilée, la réaction affectait la même allure qu'à la lumière du jour.

Il est connu qu'il est plus facile de précipiter l'iode d'un terme de la série que le chlore du composé correspondant, ce que l'on exprime en disant que l'accroissement de mobilité range les halogènes dans l'ordre suivant : iode, brome, chlore.

Dans un langage employé en chimie minérale, on dirait que le chlore est plus *dissimulé* que le brome et l'iode.

Mais cette mobilité (ou cette dissimulation) des halogènes dépend aussi de la constitution de la molécule.

Les actions du chlorure germaneux et du nitrate d'argent sur les composés halogénés nous font admettre pour les divers termes de la série CX^4; CX^3H; CX^2H^2; CH^3X et CH^4 les formules coordinatives suivantes :

$$\left[C_{+4}X^4\right]_0 \quad \left[C_{+2}X^3\right]_- H_+ \quad \left[C_0 \begin{matrix} X^2 \\ H^2 \end{matrix}\right]_0 \quad \left[C_{-2}H^3\right]_+ X_- \quad \left[C_{-4}H^4\right]_0$$

Les halogènes X qui figurent à l'intérieur des crochets ne précipitent pas par le nitrate d'argent.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du gaz iodhydrique sur quelques dérivés iodés des carbures d'hydrogène; méthodes nouvelles de préparation de l'iodure d'éthylidène, de l'iodure de vinyle et du méthyliodoforme.* Note de M. **Guy Emschwiller**, présentée par M. Georges Urbain.

On sait que les solutions aqueuses d'acide iodhydrique concentrées constituent, à chaud, en tube scellé, de puissants agents de réduction des corps organiques, et Marcellin Berthelot a montré tout le profit qu'il était possible de tirer d'une telle méthode. On n'a par contre guère étudié les actions du gaz iodhydrique en l'absence d'eau, et pourtant c'est là un réactif particulièrement énergique, susceptible d'agir dans des conditions où la solution est inactive. Ainsi le gaz iodhydrique réduit quantitativement, à froid, l'iodure d'éthylène cristallisé, avec production d'iodure d'éthyle et d'iode, comme

je l'ai déjà signalé [1], tandis que les solutions aqueuses iodhydriques les plus concentrées demeurent sans action à la température ordinaire, même après un contact de plusieurs mois; bien au contraire, l'iodure d'éthylène, ordinairement altérable, paraît stabilisé et sa présence empêche l'oxydation par l'air des solutions d'acide iodhydrique. Je me suis proposé de généraliser ce résultat et de reconnaître les possibilités d'action du gaz iodhydrique sur les dérivés iodés des carbures d'hydrogène, à la température ordinaire.

Le gaz iodhydrique n'agit à froid ni sur les iodures d'alcoyle, ni sur les iodures de méthylène et d'éthylidène, ni sur l'iodoforme et le méthyliodoforme. J'ai par contre reconnu que le tétraiodure de carbone était transformé à froid par le gaz iodhydrique, lentement mais quantitativement, en iodoforme et iode. De plus, tout comme l'iodure d'éthylène est réduit en iodure d'éthyle, le 1.1.2-triiodoéthane est réduit en iodure d'éthylidène, et vraisemblablement le pentaiodoéthane en méthyliodoforme, ainsi qu'il est montré ci-dessous.

L'action privilégiée du gaz iodhydrique ne se manifeste pas seulement dans ces réactions dites de substitution, mais encore dans les réactions dites d'addition. Ainsi j'ai observé que l'iodure de vinyle fixe à froid le gaz iodhydrique en se transformant en iodure d'éthylidène, mais qu'aucune réaction n'a lieu avec les solutions aqueuses de l'acide.

Avec les dérivés polyiodés non saturés, il se produit à la fois des réactions d'addition et des réactions de substitution du gaz iodhydrique. Un exemple très net est fourni par les iodures d'acétylène, *cis* ou *trans*, qui conduisent à des résultats comparables. Si l'on ne fait réagir qu'une molécule-gramme de gaz iodhydrique par molécule-gramme d'iodure d'acétylène, on aboutit à un mélange d'iodure d'éthylidène, d'iodure de vinyle, de 1.1.2-triiodoéthane, d'iodure d'acétylène et d'iode. Si l'on fait intervenir 2 molécules-grammes de gaz iodhydrique, il y a transformation complète de l'iodure d'acétylène en iodure d'éthylidène et iode. La production d'iodure de vinyle pourrait être attribuée dans une certaine mesure à la réduction directe de l'iodure d'acétylène, mais la réaction primaire fondamentale est la réaction d'addition qui donne naissance au 1.1.2-triiodoéthane. C'est là un composé nouveau qu'en vérité je n'ai pas isolé du mélange, mais dont j'ai pu établir la présence par deux propriétés caractéristiques; d'abord, de même que l'iodure d'éthylène se dissocie dès la température ordinaire en iode et éthylène, le nouveau composé se dissocie en

[1] *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 1003; *Ann. Chimie*, 10e série, **17**, 1932, p. 504.

iode et iodure de vinyle, très rapidement quand on chauffe; de plus il est réduit par le gaz iodhydrique en iodure d'éthylidène et iode. Au total, l'action du gaz iodhydrique sur les iodures d'acétylène consiste essentiellement en une réaction d'addition suivie d'une réaction de substitution. Par suite, on peut, suivant les modalités opératoires, préparer l'iodure d'éthylidène avec un rendement théorique, ou, si l'on ne fait intervenir qu'une molécule de gaz iodhydrique et si l'on chauffe le mélange final obtenu, l'iodure de vinyle avec un rendement de 70 pour 100, de beaucoup meilleur que par toute autre méthode. Il faut ici noter que je n'ai observé aucune action à froid du gaz iodhydrique sur l'acétylène.

J'ai retrouvé des réactions d'addition et de substitution simultanées lors de l'action du gaz iodhydrique sur l'éthylène périodé, mais je n'ai pu saisir cette fois le produit d'addition intermédiaire, le pentaiodoéthane, et, quelles que fussent les conditions opératoires, je n'ai jamais obtenu que du méthyliodoforme. C'est du reste là une excellente méthode de préparation du méthyliodoforme, mais délicate à conduire sur des quantités un peu notables, car la réaction du gaz iodhydrique est ici très vive et il importe d'éviter toute élévation de température.

En résumé, j'ai établi quelques réactions nouvelles d'addition et de substitution du gaz iodhydrique, qui permettent en particulier de préparer simplement et avec de très bons rendements l'iodure d'éthylidène, l'iodure de vinyle et le méthyliodoforme. On remarquera que les réactions de substitution, productrices d'iode et de composés moins iodés, sont les inverses des réactions usuelles de substitution des halogènes. De façon générale, ces réactions de substitution s'observent sur les composés qui, comme le tétraiodure de carbone, l'iodure d'éthylène, le 1.1.2-triiodoéthane, perdent deux atomes d'iode sous l'action de la chaleur ou de la lumière. Il n'y a pas d'action sur les composés qui, comme les iodures d'alcoyle et d'alcoylidène, ou l'iodoforme, perdent, par décomposition thermique ou photochimique, un atome d'iode et un atome d'hydrogène.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Le chlorure de thiourée, chlorure de l'acide thionecarbamique ou chlorure de thiocarbamyle.* Note de MM. **Martin Battegay** et **Elsayed Hégazi**, présentée par M. M. Delépine.

Le *chlorure de thiourée* ($NH^2.CS.Cl$), composé congénère du *chlorure d'urée* de Wöhler (1), n'a eu jusqu'à présent qu'une existence hypothé-

(1) *Lieb. Ann.*, 45, 1843, p. 357.

tique [1]. P. Klason [2], en essayant d'appliquer le principe du mode d'obtention imaginé par Wöhler, qui a fait réagir du gaz chlorhydrique sur du cyanate de potassium : $2\,ClH + CONK = ClK + NH^2.CO.Cl$, établit que le thiocyanate demeure inaltéré, et qu'il faut, pour déclencher une réaction, humecter le sel, et l'exposer à un excès d'un abondant courant de gaz chlorhydrique. Ces conditions ne fournissent toutefois que très peu de produit de réaction, parfois rien du tout, et les difficultés pour le préparer, en quantité suffisante, ont empêché le même auteur de l'examiner de plus près. En se basant sur la solution équimoléculaire des acides chlorhydrique et sulfocyanique, que crée le produit obtenu, lorsqu'il est projeté dans l'eau, Klason suppose, que celui-ci correspond, en toute vraisemblance, au chlorure de thiourée.

H. Bergreen (*loc. cit.*) a tenté, par ailleurs, en vain, l'obtention de ce composé, par action de thiophosgène sur du sel ammoniac.

Nous avons réalisé la formation indubitable du chlorure de thiourée ou d'acide thionecarbamique, avec des rendements d'à peu près 65 pour 100, en engageant le gaz chlorhydrique, à l'abri de l'humidité, sur l'acide sulfocyanique *libre* dans l'éther.

Une solution saturée de sulfocyanate d'ammonium dans l'eau est additionnée, à — 5°, d'une quantité d'acide sulfurique à 50-60 pour 100, qui est légèrement inférieure à celle nécessaire pour libérer tout l'acide sulfocyanique. Celui-ci est extrait, à l'éther, de manière à obtenir une solution ne renfermant pas plus de 20 pour 100 d'acide sulfocyanique. Elle est convenablement déshydratée, au moyen de SO^4Na^2 calc., puis soumise à un abondant courant de gaz chlorhydrique sec, qui, en provoquant une faible élévation de température, concentre avantageusement la liqueur de réaction, par l'entraînement d'éther qu'on recueille, après condensation, pour le remploi éventuel dans une nouvelle opération. La liqueur rougeâtre, au début, par suite de la présence de traces de fer, prend, assez rapidement en général, une teinte jaune que nous attribuons à de l'humidité, qui crée, entre autre, de l'acide xanthydrique. L'élimination de ce dernier, par filtration, est indispensable. L'introduction du gaz chlorhydrique est reprise dans le filtrat, qui doit demeurer alors incolore. Elle est poursuivie, pendant plusieurs heures, tant qu'un fin précipité se forme; puis, après avoir

---

(1) Beilstein, 4e édition, 1921, p. 145; Henry Bergreen, *D. Chem. Ges.*, 21, 1888, p. 339.

(2) *Journ. f. prakt. Chem.*, 2e série, 36, 1887, p. 57.

évacué l'excès de gaz chlorhydrique par un courant d'azote, on filtre et lave le précipité avec de l'éther frais et anhydre, dont les dernières traces sont éliminées, par abandon du précipité, sous vide, sur du P^2O^5. Il constitue une poudre blanche, qui, par les dosages d'azote, de soufre et de chlore, répond à la composition $Cl.CS.NH^2$ du chlorure de l'acide thionecarbamique : Substance, $0^g,1691$, N, $21^{cm^3},65$ à 16° sous 749^{mm}. Substance, $0^g,2523$; SO^4Ba, $0^g,6096$. Substance, $0^g,2549$; ClAg, $0^g,3820$. Trouvé pour 100 : N, 14,90; S, 33,18; Cl, 37,07.

Calculé pour $Cl.CS.NH^2$: N, 14,67; S, 33,56; Cl, 37,12 pour 100.

Nous croyons devoir admettre que, dans ces conditions, l'acide sulfocyanique agit à l'état d'acide isosulfocyanique ($HN=C=S$), et que la formation du chlorure de l'acide thionecarbamique résulte de l'addition des éléments du gaz chlorhydrique sur le groupe carbamide ($HN=C$).

Le chlorure de l'acide thionecarbamique pur est blanc. Il s'altère assez facilement en jaunissant. Chauffé, il se décompose complètement vers 75-80°, sans fondre. Il est assez facilement soluble dans les alcools et peu soluble dans l'acide acétique glacial. En opérant assez vite, il peut en être reprécipité par l'éther, où il est insoluble, de même que dans l'éther de pétrole, le sulfure de carbone, le tétrachlorure de carbone, le benzène, etc. Le chlorure, tant qu'il est blanc, se dédouble quantitativement, en acides chlorhydrique et sulfocyanique, sous l'influence de l'eau et des bases les plus variées.

Il réagit lentement à froid, assez rapidement vers 50°, avec les alcools, en fournissant, à côté du gaz chlorhydrique, les xanthogèneamides (O-alcoylthiouréthanes) correspondantes :

$$ROH + Cl.CS.NH^2 = RO.CS.NH^2 + ClH.$$

Ces dernières se forment avec des rendements qui, suivant l'alcool employé, peuvent atteindre 80 pour 100 de la théorie.

Leur formation, mise en parallèle avec l'obtention des isomères S-alcoylthiouréthanes ($R.S.CO.NH^2$), qui résultent de l'action des mêmes alcools, en présence de gaz *chlorhydrique*, sur l'acide *sulfocyanique libre*, confirme nettement la constitution du chlorure de thiourée.

Nous traiterons, dans une publication séparée, les résultats plus détaillés de cette action comparée du chlorure de thiourée et de l'acide sulfocyanique sur les alcools ainsi que sur les phénols.

GÉOLOGIE. — *Nouvelles observations sur l'extension du Crétacé et de l'Éocène dans la colonie du Niger.* Note de M. **Raymond Furon**, transmise par M. L. Cayeux.

Dans une Note récente (¹), j'ai signalé l'existence du Cénomanien marin dans la région d'Ouezeï. De nouveaux matériaux envoyés au Muséum par le capitaine Le Rumeur et le colonel Vignon, m'ont encore fourni des fossiles cénomaniens provenant de trois gisements différents : Tamaia (*Exogyra columba-Mermeti*, *Exogyra flabellata*), Mont Maya et Mont Iguellala (*Strombus incertus*).

1. *Cénomanien-Danien.* — Le soubassement du Crétacé moyen transgressif est habituellement constitué par des grès grossiers et des argiles à Reptiles et Bois silicifiés, appartenant au complexe continental Permien-Albien. Ces terrains sont largement représentés dans le Tesellaman (entre la falaise de Tamaia et le Tassili oua Ahaggar) et dans le bassin de l'Irazer oua n'Agadès (entre la falaise de Tidjeddi et l'Aïr).

Le Cénomanien inférieur (argiles versicolores et grès non fossilifères) recouvre en partie les argiles et grès à Reptiles et constitue le plateau du Tegama et ses annexes.

Le Cénomanien supérieur et le Turonien (argiles gypsifères, grès et calcaires fossilifères) forment un plateau se terminant au Nord par une falaise de 50 mètres environ. Profondément découpé par les grands oueds affluents de l'Azaouak, ce plateau fait suite à l'Adrar Tiguirirt (Soudan); on le suit jusqu'à Tazerzaït (19° lat. N), puis à Tamaia, au Mont Maya, à l'Adrar Moisey, entre Tahoua et In Gall. Beaucoup plus à l'Est, le massif du Damerghou est une butte-témoin appartenant aux mêmes formations.

Le Sénonien et le Danien sont représentés par des calcaires à *Venericardia Beaumonti*, *Pseudoheligmus Douvillei*, *Roudaireia auressensis*. Ces formations n'étaient connues avec certitude que dans l'Adar Doutchi. Je signale un nouveau gisement fossilifère à 65^{km} au nord-est de Tahoua et des calcaires à Turritelles au Mont Aniogam et sur l'Adrar Moisey (6° long. E) ainsi qu'à l'Ouest du puits d'Erouko, dans la vallée de l'Oued Azar. Ces calcaires à Turritelles sont supérieurs au Turonien, sans qu'il soit possible de préciser davantage.

(¹) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 793.

2. *Montien-Éocène.* — Les formations tertiaires de l'Adar Doutchi signalées dès 1903 par A. de Lapparent, furent étudiées par le capitaine Lelean, Bather, Bullen-Newton et R. Chudeau. Leur âge fut discuté par M. G. Garde, mais la révision des faunes, faite par M. H. Douvillé (¹), n'a pas laissé de doute. Le Montien débute avec les calcaires à Operculines et à Oursins; c'est un niveau d'autant plus intéressant que les fossiles y sont très abondants.

En dehors de l'Adar Doutchi, les couches à Échinides étaient connues à Tillia et à Cessao, au Sud de l'Oued Azaouak. Un nouveau gisement se trouve au Nord de l'Azaouak, sur le plateau de l'Iridenbelen, à l'est d'Issawanka (*Linthia sudanensis*, *Plesiolampas Saharae*, *Gisortia brevis* et *Chenopus dimorphospira*). Ces formations se raccordent ainsi avec celles de l'Adrar Tiguirirt décrites par M. V. Pérébaskine.

Deux nouveaux gîtes éocènes sont à signaler, dans l'Adar Doutchi, aux environs d'Alfa et de Doguiraoua (*Lucina* cf. *Pharaonis*, *Pseudoheligmus nigeriensis* et *Operculina canalifera*).

Conclusions. — Le Cénomanien et le Turonien atteignent le 19° lat. N. vers l'Adrar Tazerzaït. La falaise d'érosion qui limite leurs affleurements vers l'Ouest de l'Aïr est jalonnée par les puits de Tamaia, le Mont Maya, l'Adrar Moisey. Le Crétacé supérieur, le Montien et l'Éocène inférieur paraissent avoir une extension un peu moindre, atteignant toutefois les environs du 18° lat. N. au plateau de l'Iridenbelen. Vers l'Est, ces formations sont recouvertes de latérites et de dunes; leur extension ne peut être précisée, mais elle atteint au moins Erouko sur l'oued Azar et le kreb de Takarkar. Des buttes-témoins peuvent se trouver bien au delà de ces limites, tout particulièrement en direction de la falaise de Tamaia.

Plus à l'Est, une ligne de relief, subméridienne, joint le massif ancien de l'Aïr à ceux de Zinder et Kano, véritable seuil limitant à l'Ouest la cuvette du Tchad. De la couverture sédimentaire, vivement attaquée par l'érosion, il ne reste plus que des buttes-témoins dont la plus importante est le Damerghou (Cénomanien-Turonien). Dans le Nord (au moins) de la cuvette du Tchad, on doit retrouver la série complète. On connaît déjà *Noetlingia Monteili* à Bilma; j'ai identifié *Exogyra*, cf. *olisiponensis* et une *Lucine* du groupe *gigantea*, découvertes entre Chirfa et Dissilak Tiffa, dans le Ténéré.

(¹) *Bull. Comité Études hist. et scient. de l'A. O. F.*, 2, 1920, p. 113.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence des terrains tertiaires dans le Bassin du Gabon (Afrique équatoriale française).* Note (¹) de MM. **D. Schneegans** et **G. Emilianoff**, présentée par M. Ch. Jacob.

Le bassin sédimentaire du Gabon est allongé suivant la côte atlantique, depuis la Guinée espagnole jusqu'à Mayoumba, et adossé vers l'Est au socle africain continental. En bordure de la mer, plusieurs affleurements de Crétacé supérieur ont été décrits; mais l'intérieur du bassin, presque uniformément couvert par les argiles et sables plioquaternaires, n'a fait, jusqu'à ces dernières années, l'objet d'aucune observation stratigraphique importante. Au cours des patientes explorations entreprises par la Mission de Prospection des Pétroles en Afrique équatoriale française, l'un de nous (G. E.) a recueilli de nombreux matériaux paléontologiques et stratigraphiques.

La rivière (Rembo) N'Komi s'échappe du massif cristallin continental, s'y engage en direction du SSW jusqu'au poste d'Agouma, décrit ensuite de larges méandres à travers le bassin sédimentaire du Gabon, et débouche enfin dans la lagune de Fernan Vaz. C'est dans la région d'Agouma, à 10^{km} au Sud d'un point situé sur le Rembo N'Komi, à 80^{km} en amont de la lagune de Fernan Vaz, qu'ont été recueillis plusieurs fossiles, sur le flanc Sud de l'anticlinal de Madila (7°,40 E Paris; 1°,40 S). Celui-ci émerge au milieu des terrains, marécageux et inondés, appelés « poto-poto ». Les seules couches qui affleurent sont constituées par des grès argileux brunâtres, tendres, contenant des fossiles de petite taille, en mauvais état de conservation. Parmi les Bivalves, on reconnaît des formes attribuables aux genres *Anisocardia*, *Astarte*, *Cytherea*, *Tellina* (*Ellipsotellina*) et *Corbula*. Un petit Gastéropode, de la famille des Scalaridés, présente l'ornementation en croisillons de *Clathroscala*. Plusieurs menus fragments de moules internes paraissent se rapporter au genre *Buccinum*. Ils ont la taille, le galbe et la costulation de *B.* (*Pseudoneptunea*) *Choffati* Oppenh. de l'Éocène du Cameroun. L'examen de ces fossiles, et surtout la présence de Gastéropodes voisins de formes qui ne sont connues qu'à partir de l'Éocène, permettent d'attribuer à cette faunule un âge tertiaire, sans d'ailleurs pouvoir en préciser le niveau stratigraphique exact. Bien qu'il

(¹) Séance du 27 mars 1933.

soit prématuré de discuter les affinités paléontologiques de la faunule de Madila, en raison du manque d'éléments de comparaison avec les faunes éocènes de la Nigéria, du Togo, de Fouta et de Landana, il faut remarquer cependant que, par leur état de conservation, leur taille et le faciès de la roche qui les contient, les fossiles de Madila ne sont pas sans rappeler ceux de la faune éocène de Bonangando (Cameroun) découverte par Eck et décrite par P. Oppenheim ([1]).

Il est intéressant de noter la large extension de ces grès argileux tertiaires dans le bassin du Bembo N'Komi. Dans le Sud-Est d'Agouma, ils sont transgressifs sur le socle cristallin. Il faut probablement leur assimiler les grès fins, jaunâtres et friables, à Bivalves, reconnus dans l'île de Nigué Sika et dans plusieurs autres points de la lagune de Fernan Vaz. Au Sud de la lagune de N'Govć, s'observe la concordance de ces grès sur la série des marnes gréseuses à lits siliceux et phosphatés du Sénonien, décrits pétrographiquement par M. Raymond Furon ([2]).

GÉOLOGIE. — *Sur l'imperméabilité relative des sédiments plastiques vis-à-vis de l'eau de pluie, de l'eau de source et de diverses solutions alcalines.* Note de M. **Pierre Urbain**, présentée par M. Ch. Jacob.

L'imperméabilité des argiles et des marnes est généralement regardée comme une propriété intrinsèque, liée uniquement à leur nature et aux faibles dimensions efficaces de leurs pores. Cependant, l'halloysite, qui forme la masse principale des sédiments de ce genre, étant douée de propriétés colloïdales, l'imperméabilité des argiles et des marnes doit dépendre également de la nature des ions présents dans l'eau, qui circule à leur contact ou qui les imbibe, et de leur influence sur le gonflement de l'halloysite.

Pour vérifier cette hypothèse, j'ai filtré différents liquides sur une marne séchée à l'air, débarrassée de ses éléments détritiques par lévigation et pulvérisée. La marne était placée dans des creusets en porcelaine à fond poreux, en quantité suffisante pour former sans tassement une couche d'environ 1^{cm} d'épaisseur. Le liquide était versé dans le creuset, et son niveau, rétabli à 5^{cm} toutes les 24 heures; le filtrat se trouvait recueilli dans un récipient conique dont le col servait de support au creuset.

(1) E. Esch, F. Solger, P. Oppenheim, O. Jaeckel, *Beiträge zur Geologie von Kamerun*, III, Stuttgart, 1904, p. 243-283, pl. VI-IX.

(2) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 739 et 1959.

Dans le creuset n° 1, on a versé de l'eau de pluie (pH = 5,5); dans le creuset n° 2, de l'eau de source séléniteuse (pH = 7,2; minéralisation par litre : 2g,103, dont 0g,868 pour l'ion SO^4_{--} provenant des sulfates); dans le creuset n° 3, une solution extrêmement diluée de soude caustique (pH = 7,2, identique à celui de l'eau de source ci-dessus); dans le creuset n° 4, une solution relativement concentrée de soude caustique (pH = 9,3; dans la nature, des valeurs aussi élevées ne se rencontrent que pour les eaux sulfurées du type pyrénéen et pour les eaux saumâtres des lagunes ou des marais salants). En 10 jours, la marne utilisée a laissé filtrer :

Sur le creuset n° 1, 6cm³ d'eau de pluie;
Sur le creuset n° 2, 170cm³ d'eau de source;
Sur le creuset n° 3, 10cm³ de solution alcaline diluée:
Sur le creuset n° 4, 2 litres de solution alcaline concentrée.

La marne étudiée se montre donc imperméable à l'eau de pluie et aux solutions alcalines diluées, alors qu'elle est perméable à l'eau de source utilisée et aux solutions alcalines concentrées. La perméabilité trouve sa mesure dans la vitesse de filtration du liquide utilisé dans chaque cas. Dans les expériences ci-dessus, ces vitesses sont entre elles comme les nombres 1 (eau de pluie), 28, 1,6 et 330.

La perméabilité relative observée dans le cas de l'eau de source ne peut être attribuée à la dissolution, à l'état de bicarbonates, des éléments calcaires de la marne. S'il en avait été ainsi, l'eau de pluie, très chargée d'anhydride carbonique emprunté à l'air, aurait dû filtrer avec une extrême facilité, contrairement à ce qui a été observé; en outre, le pH de l'eau de source filtrée sur la marne était passé de 7,2 à 7,9, et sa teneur en calcium avait diminué de 16 pour 100, ce qui montre bien que cette interprétation doit être rejetée. On remarquera d'autre part, que la solution diluée de soude caustique, abandonnée à l'air libre pendant toute la durée des expériences, renfermait des ions CO^3_{--} et CO^3H_- comme l'eau de pluie. La marne utilisée s'étant montrée pratiquement imperméable à ces deux liquides, on peut admettre que, dans les limites de pH étudiées, l'adsorption de l'eau par l'halloysite — et par suite son gonflement, qui entraîne la diminution des dimensions efficaces des pores — n'est pas contrariée par la présence de ces ions. Par contre, les ions provenant de la dissociation de sels neutres, comme SO^4Ca, NaCl, $MgCl^2$, etc., doivent vraisemblablement contrarier cette adsorption, puisque la marne est perméable à l'eau de source dont ils forment la minéralisation principale. Enfin, l'extrême perméabilité observée dans le cas de la solution concentrée de soude caustique est due à la forma-

tion d'aluminates et de silicates solubles en milieu alcalin; le fait est connu depuis longtemps.

La marne sénonienne utilisée dans ces diverses expériences provient du Dra oum Rebine (Algérie). Elle a été mise à ma disposition par M. Glangeaud, qui m'avait signalé d'importants affaissements de terrain dans la région où elle affleure. L'eau de source employée a été prélevée à l'une des sources visibles à proximité des points affaissés.

Ces faits montrent :

1° Que les argiles et les marnes peuvent être imperméables à l'eau de pluie et très perméables aux eaux de sources dont la minéralisation s'oppose au gonflement de l'halloysite;

2° Que le terme d'imperméabilité n'a qu'une signification relative. Il n'est légitime de l'appliquer à une formation géologique ou à un sol qu'autant qu'on précise la nature du liquide filtrant.

GÉOLOGIE. — *Sur le Dévonien du Menakeb* (*Sahara occidental*). Note de M. **Nicolas Menchikoff**, présentée par M. Ch. Jacob.

Au cours d'un récent voyage au Sahara, j'ai trouvé près du poste de Bou-Bernous dans le Menakeb, sur la lisière sud-orientale de l'Iguidi, de beaux gisements du Dévonien.

Les couches, inclinées de quelques degrés vers le Nord-Est, apparaissent ici sur les bords de la sebkha et sont visibles jusqu'à 4 ou 5^{km} du poste. Partout ailleurs, le Primaire est recouvert en discordance par les « terrains de hammada », d'âge indéterminé, formés de grès et de calcaire blanc à silex, au total d'une dizaine de mètres de puissance.

Le Dévonien de Bou-Bernous, essentiellement schisteux avec quelques intercalations calcaires plus ou moins marneuses, fournit quatre niveaux fossilifères principaux.

Le plus bas, dans une petite butte de 1^{m} de hauteur au fond même de la sebkha, à quelques centaines de mètres du bordj, m'a fourni : *Spirifer speciosus* Schloth., *Cyrtina heteroclyta* Defr., *Atrypa reticularis* L., *Athyris*, *Orthis*, *Chonetes*, *Platyceras* et de rares Polypiers.

Le niveau suivant, à quelques mètres plus haut dans la série, est représenté, sur le bord de la sebkha, par une couche marno-calcaire, pétrie de débris de Brachiopodes, parmi lesquels : *Spirifer speciosus* Schloth., *Atrypa reticularis* L., quelques Gastéropodes, des *Phacops* et des Stromatoporidés.

Les deux niveaux supérieurs affleurent à 2 ou 3^{km} au Nord-Est du poste, toujours sur les bords de la sebkha.

A la base, dans des couches marno-calcaires, j'ai trouvé : *Receptaculites Neptuni* Defr., plusieurs formes de *Zaphrentis* et de *Cyathophyllum* isolés, quelques exemplaires de *Calceola sandalina* Lk., des Stromatoporidés, des Bryozoaires, *Leptaena rhomboidalis* Wilk., *Schizophoria striatula* Schloth., *Atrypa reticularis* L. avec plusieurs de ses variétés, *Athyris concentrica* v. Buch, *Cyrtina heteroclyta* Defr., *Chonetes*, *Pentamerus*, *Rhynchonella*, *Terebratula* et *Phacops*.

Cette couche subrécifale est couronnée par quelques mètres d'un calcaire gris bleuté, légèrement marneux, où abondent *Timanites* (*Koenenites*) *lamellosus* Sandb., à côté de quelques *Agoniatites*, *Phragmoceras* et *Orthoceras*.

La présence de *Timanites lamellosus* dans le niveau supérieur y précise l'existence de l'extrême base du Frasnien. Les trois niveaux inférieurs sont par contre nettement mésodévoniens; en particulier la couche coralligène, immédiatement au-dessous du niveau à *Timanites*, doit, par sa position, être rapportée au Givétien, tandis que les deux niveaux inférieurs sont eiféliens.

La coupe de Bou-Bernous se parallélise bien avec celle que j'ai relevée il y a quelques années, à 400^{km} plus à l'Ouest, dans le deuxième kreb d'Aouinet Legra ([1]). Il y a là, de même, un Eifélien schisteux à *Spirifer speciosus* et un Givétien subrécifal. Quant au Frasnien, il y est représenté par un faciès à Brachiopodes (*Spirifer Verneuilli*); mais à une cinquantaine de kilomètres au Nord-Est d'Aouinet Legra, j'ai trouvé, dans un niveau à *Sp. Verneuilli*, un moule de Goniatite, malheureusement sans cloisons, mais dont la forme rappelle beaucoup les *Timanites* de Bou-Bernous.

Ainsi se précise, dans le Sahara occidental, la répartition des faciès au cours du Dévonien. Au Dévonien moyen, les faciès néritiques, à Brachiopodes et à Polypiers, couvrent toute la plate-forme continentale du Sahara marocain, tandis que les faciès à Goniatites ([2]) sont strictement localisés dans le sillon de la Saoura. Mais, dès le début du Frasnien, les faciès à Goniatites débordent largement vers l'Ouest sur la plate-forme continentale, jusque vers le Ouahila, où quelques Goniatites isolées s'associent encore au faciès à Brachiopodes qui domine plus à l'Ouest.

([1]) *Rev. de Géogr. phys. et de Géol. dyn.*, **3**, II, 1930, p. 128.

([2]) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1966.

GÉOLOGIE. — *Nouvelles observations tectoniques sur le massif du Tabor.* Note de MM. **Georges** et **Boris Choubert**, présentée par M. Ch. Jacob.

Le massif cristallin du Tabor (point culminant : 2386^m), termine au Sud de la Romanche la bande amphibolique occidentale du massif de Belledonne. Il est limité, au Nord et à l'Est, par les profondes coupures de la Roisonne (973^m à Lavaldens) et du Col de la Morte (1348^m), à l'Ouest et au Sud, par les terrains de la couverture triasique et liasique.

La région comprend plusieurs unités lithologiques, avec chacune un rôle tectonique particulier :

1° Le soubassement est formé de schistes, micacés et chloriteux, subhorizontaux dans la partie Sud et inclinés de 40° NW dans la partie Nord. Ils se développent particulièrement à l'Est de la Roisonne.

2° Au-dessus, vient l'ensemble des gabbros très hétérogènes — généralement écrasés — avec leur cortège de pyroxénolites, hornblendites et serpentines, accompagnés d'amphibolites.

3° Enfin, la couverture sédimentaire se compose de cargnieules et dolomies triasiques, accompagnées de marnes bariolées, épaisses par endroits de 100^m et plus, et surmontées d'une puissante série de calcaires liasiques, eux-mêmes séparés du Trias par une intercalation de spilites (10 à 15^m). Elle repose sur les deux premiers termes par l'intermédiaire d'une brèche tectonique puissante, atteignant 10^m [1]. La constance de la brèche, dont les éléments sont empruntés aux roches précitées, démontre que cette couverture est décollée de son substratum, suivant le style général depuis longtemps signalé par Ch. Lory.

Le contact entre le soubassement schisteux (1°) et les roches basiques (2°) est fréquemment souligné par une zone de concassage ; sur les deux versants du massif, il se maintient au même niveau, toujours accompagné de sources. Il se relève lentement vers le Sud pour traverser la crête avant le dernier sommet (environ 2150^m). Vers le Nord, il reste subhorizontal (1750 à 1800^m) et se perd dans la région boisée et couverte d'éboulis.

Le soubassement schisteux n'a subi que des déformations de détail, avec un plissottement des schistes, parfois très accusé. Par contre le massif de gabbro, rigide, a été disloqué en multiples fragments de dimensions variables, sépa-

(1) P. Termier, *Comptes rendus*, 152, 1911, p. 665.

rés par des zones d'écrasement et de laminage intense, soulignant leur jeu respectif. Des lambeaux de serpentine et de dolomie triasique, accompagnée de filons discontinus de minette, sont fréquemment pincés entre les fragments; et les filons de minette, qui correspondaient à des surfaces de moindre résistance, semblent avoir, dans beaucoup de cas, favorisé les dislocations.

La constitution lithologique du Trias pincé est fort différente de celle du Trias de la couverture décollée. Autant que sa conservation permet d'en juger, il semble être l'équivalent du calcaire dolomitique brun, bréchoïde, connu au Taillefer (à une distance de 4^{km} vers le Nord-Est) en superposition normale sur le cristallin par l'intermédiaire d'une couche complexe (environ 1^{m}), formée de grès et de conglomérats [1]. Nous avons trouvé quelques témoins de ce même Trias dans le ruisseau qui descend du Col de l'Ollière vers Villard-Saint-Christophle. Ici, des dalles du calcaire dolomique brun à lits de conglomérats, également en superposition normale sur les chlorite-schistes, accusent une inclinaison vers le Nord-Ouest et plongent sous la brèche tectonique qui accompagne la base décollée de la série sédimentaire. N'ayant aucune indication sur la valeur du déplacement de la couverture sédimentaire, nous ne pouvons pas juger si cette dolomie brune appartient à une série triasique différente du Trias décollé ou si elle représente simplement un équivalent du terme inférieur de ce Trias.

La serpentine coiffant le massif gabbroïque a été entraînée par le mouvement de la couverture sédimentaire vers l'Ouest. Elle a été ainsi décollée de son substratum, dont elle est séparée par une zone écrasée, épaisse jusqu'à 12^{m}. Cependant, moins souple que le matériel sédimentaire, elle constitue des écailles qui ont, elles aussi, pincé des lambeaux de couverture triasique.

Tous ces accidents de tectonique alpine n'ont pas beaucoup d'ampleur. Les lambeaux pincés de Trias se perdent rapidement en profondeur. Leur conservation est due au fait que l'érosion n'a que peu attaqué le massif cristallin. En effet nous avons trouvé des témoins de l'ancienne surface antétriasique. On peut en donner comme exemple la pente Ouest du massif suivi par le ruisseau du Villard-Saint-Christophle, qui remonte par le Col de l'Ollière vers les Oreilles du Loup. Elle se trouve dans l'exact prolongement de la surface suivant laquelle s'est produit le glissement de la couverture et présente la même inclinaison vers l'Ouest. Le fait est d'autant plus certain que c'est sur cette pente qu'on trouve des lambeaux de la dolomie

---

(1) P. Lory. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 4e série, 1, 1901, p. 179.

brune en superposition normale sur le substratum. La surface antétriasique du Tabor est ainsi actuellement inclinée de 25° en moyenne vers le Nord-Ouest.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Les glucides solubles de* Lemanea nodosa *Kütz.* Note de MM. **H. Colin** et **J. Augier**, présentée par M. Molliard.

Les extraits alcooliques des Floridées marines sont toujours dextrogyres; concentrés, ils ont une saveur sucrée. Non réducteurs, ils le deviennent par hydrolyse, sous l'action des acides forts. Jusqu'alors, le principe sucré n'a été obtenu cristallisé qu'à partir d'une des plus grandes espèces, *Rhodymenia palmata*; mais il y a lieu de penser qu'il n'est pas spécial à cette algue, d'où le nom de Floridoside qui lui fut donné lors de sa découverte (1). Il s'agit d'un hétéroside, nouveau à tous égards, formé d'une molécule de galactose α et d'une molécule de glycérol; sa formule est $C^9H^{18}O^8 + H^2O$.

Les Floridées d'eau douce n'avaient pas encore été examinées à ce point de vue. Grâce à l'obligeance de M. P. Frémy, nous avons pu nous procurer, dans les rapides de la Vire, des quantités considérables de *Lemanea nodosa*.

L'extrait alcoolique de ces algues est dextrogyre, non réducteur, le devenant par hydrolyse, d'une richesse extrême en chlorure de potassium, ce qui le rend amer.

Après défécation à l'acide phosphotungstique puis élimination d'une partie des sels par cristallisation dans l'alcool, les liqueurs retiennent encore une telle quantité de KCl, relativement au sucre, que ce dernier ne saurait se déposer. Seul le traitement par la zéolithe argentique ou plombique, suivant les indications de MM. G. Austerweil (2) et Ch. Jeanprost (3) nous a permis de séparer la totalité des chlorures.

Au prix de ces difficultés, et non sans lourdes pertes, on obtient, après concentration, un sirop sucré dans lequel ne tarde pas à cristalliser un glucide qui n'est autre que le floridoside. Il se présente en prisme orthorhombiques à biréfringence forte, négative, renfermant 6,9 pour 100 d'eau

(1) H. Colin et E. Guéguen, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 653; 191, 1930, p. 163, et E. Guéguen, Diplôme supérieur de pharmacien, Paris, 1931, p. 31.

(2) G. Austerweil, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1581.

(3) Ch. Jeanprost, *Bull. Chim. Sucr. Distill.*, 49, 1932, p. 206.

de cristallisation et fondant à 86-87°. Il possède une saveur nettement sucrée, sans amertume; son pouvoir rotatoire est de + 150-151°; hydrolysé par les acides ou par l'extrait de levure basse, il donne un mélange équimoléculaire de galactose et de glycérol.

Pour être abondant dans les sirops de *Lemanea*, le floridoside n'y est cependant pas le seul glucide; les eaux mères ont laissé déposer ensuite un autre corps sucré qui s'en distingue nettement, par sa forme cristalline, aussi bien que par l'ensemble de ses propriétés. D'après M. Gaudefroy, les cristaux sont orthorhombiques, mais à biréfringence faible et positive; ils renferment 9,5 pour 100 d'eau de cristallisation et fondent en se deshydratant à 99-100°, le produit anhydre ne se liquéfiant plus ensuite qu'à 205-210°. Le pouvoir rotatoire $[\alpha]_D$ est égal à + 175-176°, pour le corps hydraté; l'hydrolyse par les acides est pénible; le sucre réducteur qui en résulte est du glucose exclusivement.

A ces caractères on reconnaît le tréhalose. C'est la première fois que ce sucre, fréquent chez les Champignons, est caractérisé avec certitude chez les Algues et retiré à l'état cristallisé. Il n'a d'ailleurs été signalé jusqu'alors, dans les plantes autotrophes, qu'en un petit nombre de cas, en particulier chez les Sélaginelles (¹).

ANTHROPOLOGIE. — *Caractères microscopiques différentiels de l'os de cynocéphale adulte et de l'os humain.* Note de MM. **Muller** et **Desmarez**, transmise par M. Calmette.

Tous les auteurs qui ont comparé les caractères histologiques de l'os humain et de l'os animal ont admis qu'il était difficile, sinon impossible, de différencier l'os de singe de l'os humain. Il nous est apparu que ces affirmations n'étaient pas exactes, du moins en ce qui concerne le cynocéphale adulte.

Nous avons utilisé la méthode déjà décrite par Balthazard et Lebrun en 1911 et par l'un de nous en 1920. Elle se base essentiellement sur le calcul du diamètre moyen du canal de Havers, du nombre de canaux de Havers au millimètre carré et des dimensions de différents éléments histologiques. Il nous a semblé préférable de n'examiner que des préparations d'os sec amincies par l'usure sur une pierre. Nous avons étudié les os

(¹) T. S. Harding, *Sugar*, 25, 1923, p. 406.

longs dans des coupes au milieu de la diaphyse et dans la région dia-épiphysaire, ainsi que plusieurs os plats et courts. Les moyennes ont été calculées sur plus de 50 mensurations et de vingt champs microscopiques par coupe. Nous avons résumé nos résultats dans le tableau suivant (optique Zeiss-object. 6 ocul. 2-Long tube 130).

Os.	Nombre moyen de canaux de Havers par champ.	Nombre moyen de canaux de Havers par mm².	Diamètre moyen du canal de Havers.
Diaphyses.			
Tibia	6,5	43	15,5 μ
Humérus	7,15	47	16,2
Péroné	4,8	32	18,36
Cubitus	6,2	41	20,09
Région Dia-Epiphysaire.			
Tibia (sous plateau)	6,4	42	22,1
Humérus (région supérieure)	5,5	36,6	20,7
Os courts.			
Métatarsien 1	5,3	35	17,4
Métatarsien 2	5	33	18,25
Phalange	5,6	37	17,5
Cuboïde	5,3	35	19,5
Côte	5,75	38	20,99
Omoplate (bord spinal)	5,6	37	20,33

Les moyennes générales sont donc

Nombre moyen de C. H. (canaux de Havers) par champ	5,75
Nombre moyen de C. H. par millimètre carré	38
Diamètre moyen du C. H	10μ,82

Si l'on calcule l'épaisseur moyenne des couches osseuses des systèmes haversiens, on trouve une moyenne voisine de 10μ,75.

Or les os animaux ont en général les caractères suivants :

Nombre de C. H au millimètre carré	de 13 à 56
Diamètre moyen du C. H	de 10 à 22μ
Épaisseur moyenne des couches osseuses	de 9 à 12μ

On voit que l'os du cynocéphale adulte étudié rentre dans les lois générales déjà énoncées, et se différencie nettement de l'os humain, dont le dia-

mètre moyen est toujours supérieur à 25µ, et dont le nombre de C. H. au millimètre carré est voisin de 8. Ces premiers résultats, très intéressants au point de vue médico-légal, ne sont pas à négliger au point de vue anthropologique, car ils montrent que le cynocéphale se rapproche, par ses caractères histologiques, beaucoup plus de l'os animal que de l'os humain.

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur les vibrations tourbillonnaires de l'organisme.* Note de M. **Abel Desjardins**, présentée par M. Pierre Bazy.

L'étude des ondes hélicoïdales ou tourbillonnaires intéresse la physiologie, la pathologie et la thérapeutique : elle conduit à la conception de la vibration des cellules de tout organisme vivant.

Comme l'eau sortant d'un robinet coule par filets hélicoïdaux, les liquides qui circulent dans l'organisme s'écoulent suivant une marche spirale de même nature.

Pour la circulation sanguine : l'anatomie du cœur avec son architecture en spirale (tourbillon de Gerdy, fibres unitives superficielles et profondes), la physiologie, décrivant une torsion du cœur autour de son axe à chaque systole ventriculaire (torsion constatée par tous les chirurgiens); la pathologie montrant la forme sinueuse des artères, même de petit calibre comme la temporale dans l'artério-sclérose, ou l'aspect spiroïdal des varices, s'accordent toutes pour faire prévoir cette marche hélicoïdale de la colonne sanguine dans les vaisseaux.

La photographie vient en outre apporter une preuve palpable : un jet de sang, photographié au cinquantième de seconde, montre un écoulement rectiligne, tel que notre œil le perçoit; le même jet de sang, photographié au millionième de seconde, avec le stromborama de Seguin, montre un écoulement hélicoïdal.

En vérifiant les autres circulations de l'organisme on relève le même phénomène.

Pour la circulation urinaire : l'anatomie montre le tube contourné du rein, le tour de spire de l'uretère, allongé en *s* italique et la spirale de l'urètre qui, sur des coupes en série, présente à son origine vésicale un grand axe frontal, alors qu'au niveau du méat, son grand axe est sagittal. La photographie au cinquantième de seconde montre un jet rectiligne; au millionième de seconde un jet spiralé, mis davantage en évidence par un éclairage réfléchi.

Pour la circulation biliaire, il suffit de rappeler la forme enroulée du bassinet, que Sappey compare à une coquille de limaçon, celle du cystique, commandée par la valvule spirale de Heister et celle du cholédoque qui s'enroule en une double courbure décrite par M. Quénu.

Pour la circulation pancréatique, on sait que le canal de Wirsung est plus long que la glande qu'il traverse et Hyrtl le décrit tordu en spirale ainsi que les canaux du deuxième ordre qu'il reçoit.

On voit donc que tous les liquides de l'organisme circulent suivant le mode tourbillonnaire.

Il en est de même pour les substances solides.

Le tube digestif, dans ses différents segments, décrit une série de spires : l'œsophage un *S* italique très allongé; l'intestin présente des circonvolutions spiroïdes pour le grêle et des bosselures en pas de vis pour les côlons. Ce pas de vis est surtout marqué au niveau du rectum, dont les valvules, placées alternativement à droite et à gauche de sa cavité, lui impriment dans son ensemble une forme spiralée.

La physiologie montre l'estomac, organe desaxé, évacuant son contenu dans le duodénum par des mouvements circulaires qui font exécuter à la masse alimentaire un mouvement de rotation.

Le rectum évacue son contenu hélicoïdalement et l'on retrouve l'empreinte de cette marche spiralée dans la forme moulée des matières excrétées. Il ne saurait d'ailleurs en être autrement : la musculature de l'intestin, même renforcée par les muscles de la paroi abdominale ou ceux du périnée, n'aurait pas la force suffisante pour expulser en ligne droite le contenu du rectum en surmontant la tonicité du sphincter : la ligne hélicoïdale étant celle de la moindre résistance à l'avancement.

Analogue est la disposition de la trompe de Fallope avec ses flexuosités (circonvolutions tubaires) et intérieurement ses plis longitudinaux décrivant des spires autour de son axe.

La cavité utérine, à peu près rectiligne chez la nullipare, présente chez la multipare une spirale nettement visible sur un moulage de cette cavité.

Au niveau du col utérin, on voit des stries appelées arbre de vie. En effet, vues sur une coupe frontale, ces stries présentent l'aspect d'un arbre avec un tronc vertical d'où partent des branches obliques; mais, considérées sur un moulage du col intact, on constate que ces soi-disant branches ne sont que des tours de spire vus en coupe. Ce pas de vis est très rapproché chez la nullipare, il est beaucoup plus allongé chez la multipare : il faut se souvenir que l'accouchement se fait suivant une rotation du fœtus.

Enfin, l'air lui-même traverse les voies respiratoires avec un mouvement de tourbillon provoqué d'abord par le rétrécissement glottique suivi de la dilatation trachéale et ensuite par les spires que décrit la trachée, spires bien visibles sur les moulages de Lejars. C'est d'ailleurs ce mouvement vibratoire de la colonne d'air, qui, accrochant le rebord de la corde vocale, la fait vibrer et donne naissance au son.

On voit donc que tout ce qui circule dans l'organisme (liquide, solide ou gaz) le fait suivant une loi hélicoïdale, c'est-à-dire suivant ce rythme tourbillonnaire envisagé par Descartes.

Cette notion, malgré son évidence, n'a encore jamais été signalée, et pour la circulation du sang on en est resté aux descriptions de Harvey datant de trois cents ans.

Et cependant, de ce fait, découlent des conséquences importantes, car toutes les cellules de notre organisme participent également à ce mouvement vibratoire.

Elles vibrent selon une certaine longueur d'ondes qu'on peut très exactement mesurer par des méthodes analogues à celles employées pour l'étalonnage des appareils récepteurs de T. S. F.

Par un grand nombre de mensurations, aussi bien sur des sujets normaux que sur des sujets pathologiques, on arrive à déterminer des chiffres moyens de longueurs d'ondes. Or, ces mensurations démontrent que des lésions identiques se traduisent toujours par des variations identiques de longueurs d'ondes : chaque métabolisme présentant une longueur d'ondes qui lui est propre et qu'on peut qualifier de spécifique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la coexistence dans les radicelles d'orge de corps hyperglycémiants et hypoglycémiants.* Note de MM. **Eugène Donard** et **Henri Labbé**, présentée par M. A. Desgrez.

Dans un pli cacheté déposé le 31 mars 1930 dont le texte a été reproduit dans les *Comptes rendus* du 18 avril 1932, 194, p. 1299, nous avons signalé la présence, dans les radicelles d'orge, d'une substance à pouvoir hypoglycémiant et agissant dans l'organisme animal d'une façon analogue à celle de l'insuline. En poursuivant l'étude de la nature de ce corps, nous avons été amenés à faire fermenter la décoction de radicelles d'orge pour éliminer les sucres et les dextrines fermentescibles, puis à précipiter dans un milieu alcoolique les substances protéiques et dextrines non fermentes-

cibles. La solution alcoolique ainsi obtenue a été concentrée, puis desséchée dans le vide. La masse spongieuse a été triturée dans l'alcool absolu jusqu'à désagrégation; elle a été ensuite jetée sur filtre et soigneusement lavée à l'alcool absolu. La partie soluble fournit, après évaporation, un extrait qui, repris par l'eau et injecté au lapin, à la dose de $0^g,07$ par kilogramme, donne une hyperglycémie de 21 pour 100 au-dessus de la glycémie normale. Après 15 jours, cette solution laisse déposer des cristaux. Ceux-ci purifiés et repris par l'eau forment, après évaporation, une masse cristalline, ayant, sous le microscope, l'aspect des cristaux de mannite, auxquels ils ont été identifiés par leur point de fusion 165°. La solution stérilisée communique au lapin, à la dose de $0^g,07$ par kilogramme, une hyperglycémie de 36 pour 100 au-dessus de la glycémie normale. Comparativement, une injection faite, à la même dose, avec de la mannite pure, donne une hyperglycémie du même ordre de grandeur.

Cette mannite n'a pu être extraite directement des radicelles par des procédés analogues à ceux décrits ci-dessus : la réaction de Schulz et Tollens est négative dans les extraits alcooliques obtenus directement à partir des radicelles; la mannite provient donc de la fermentation alcoolique. Divers auteurs ont, d'ailleurs, signalé sa présence dans des fermentations alcooliques plus ou moins pures.

Une partie de la masse restée sur le filtre après son lavage à l'alcool absolu a été reprise par l'eau et cette solution, injectée au lapin aux mêmes doses que ci-dessus, a produit une chute de la glycémie de 23,3 pour 100 au-dessous de la normale.

La fraction résiduelle sur le filtre a été épuisée aussi complètement que possible par l'alcool à 95° : tout n'a pas été dissous et la fraction restée insoluble dans l'alcool à cette concentration a été reprise par l'eau; cette solution, injectée au lapin à la dose de $0^g,065$ par kilogramme, a donné une chute de la glycémie de 37,9 pour 100 au-dessous de la normale, après la deuxième heure, et encore constatée après la troisième.

Cette purification a correspondu à la soustraction dans l'extrait primitif d'environ 10 pour 100 de son poids d'extrait hyperglycémiant dont nous avons plus loin identifié la partie active avec l'hordénine. On a donc séparé ainsi, par une méthode fondée sur les solubilités inégales dans les liquides alcooliques à diverses concentrations, la fraction riche en principe hypoglycémiant que la dialyse nous avait permis d'expérimenter. Ce principe est complètement débarrassé du maltose et des autres sucres réducteurs qui souillaient nos premières préparations dans une proportion de 20 pour 100

environ. Nous n'avons pu réaliser une purification plus complète de cet extrait et son entité chimique n'a pas été déterminée. Nous nous bornons ici à donner sa composition globale : N 5,1 pour 100; cendres 18,1 pour 100; acidité en SO^4H^2 4,1 pour 100.

Reprenant la masse qui n'a été épuisée que par l'alcool absolu, la plaçant en milieu alcoolique à 90°, filtrant et reprenant par l'eau, l'extrait de cette solution, injecté au lapin à la dose de $0^g,07$ par kilogramme, a donné, après la deuxième heure, une glycémie de 65 pour 100 supérieure à la normale, et retombant à 11 pour 100 après la troisième heure.

Pour nous assurer que cette hyperglycémie ne pouvait provenir de la mannite qui aurait échappé à l'épuisement par l'alcool absolu, nous avons essayé de déceler sa présence par la réaction de Schulz et Tollens dont nous avons auparavant contrôlé l'exactitude. En outre, nous avons augmenté la sensibilité de cette réaction par une légère modification consistant à utiliser la solubilité dans le chloroforme des cristaux caractéristiques d'acétal triformique, ce qui permet de les isoler du milieu complexe et coloré dans lequel ils se forment; on les identifie finalement par le microscope.

Il s'agit donc bien d'un second principe hyperglycémiant. Le peu de durée de l'hyperglycémie provoquée par cet extrait explique aisément la faible action antagoniste qu'il exerce sur l'hypoglycémie totale déterminée par nos extraits de radicelles. Cet extrait a une teneur en azote de 8,7 pour 100, en cendres de 15,4, en acidité (SO^4H^2) de 7,2. Défalcation faite des cendres, la teneur en azote ressort finalement à 10,27 pour 100. Ce chiffre élevé, ainsi que la forte acidité, lui assignent une composition très différente de celle de l'extrait hypoglycémiant.

Dans une Note récente [1], Tanret a attiré l'attention sur ce fait que l'hordénine, alcaloïde contenu dans les radicelles d'orge germé, a un pouvoir hyperglycémiant, d'ailleurs assez faible quand il est introduit dans l'organisme par voie sous-cutanée.

En soumettant une certaine quantité de notre extrait à l'application de la méthode classique de Stas pour l'isolement des alcaloïdes (saturation par le bicarbonate de sodium et agitation avec l'éther), nous avons pu isoler un corps cristallisé dont le point de fusion correspond sensiblement à celui de l'hordénine. La réaction de Denigès (formol et acide sulfurique à l'ébullition) fournit avec ce corps la coloration verte caractéristique de

(1) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 271.

l'hordénine. Nous estimons donc être en droit d'identifier ce deuxième principe hyperglycémiant avec l'hordénine, que Léger a démontrée être normalement contenue dans les radicelles d'orge germé.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Essai d'élevage de Cladocères, en milieu synthétique*. Note de M. **André Pacaud**, présentée par M. F. Mesnil.

Les conclusions contradictoires auxquelles arrivent les nombreux auteurs qui ont étudié la reproduction des Cladocères [de la Vaulx (1921); L. Deborne (1924); Treillard (1924-1925); A. M. Banta et ses collaborateurs dans de nombreuses Notes; Gravier (1931); Stuart, Pherson et Cooper (1931); A. Tanson (1931); Wood (1932); Stuart et Cooper (1932), pour ne citer que les plus récents] ont montré la nécessité de préciser les conditions de milieu pour les élevages. Marc Treillard surtout (1924-1925) et après lui Stuart, Pherson et Cooper (1931) et Stuart, Tallman et Cooper (1931) l'ont compris; mais ces auteurs se sont surtout attachés à étudier les conditions bactériologiques, sans définir chimiquement le milieu. La nourriture utilisée, notamment, est complexe (jaune d'œuf, peptones, globules sanguins, filtrat de diverses infusions nutritives et débris de peptides). Elle apporte quantité de substances organiques mal définies et des ions de toute nature dont le rôle serait justement à étudier.

Sur les conseils de M. Et. Rabaud, j'essaie de constituer progressivement un milieu synthétique au moyen de corps chimiquement définis. Deux Cladocères, *Simodaphnia vetula* Müll. et *Moina brachiata* Jur., sont utilisés parallèlement. Les jeunes sont séparés quelques heures après leur naissance et lavés par passages successifs et prolongés dans une série de tubes contenant de l'eau distillée, puis enfin transportés isolément dans des tubes d'élevage (tubes à essai ordinaires) contenant également de l'eau distillée. Une série d'essais préliminaires a montré que la survie des deux espèces dans l'eau distillée seule est différente : 22 heures, en moyenne, pour *Moina brachiata;* 15 heures seulement pour *Simodaphnia vetula.*

L'addition à l'eau distillée, dans une seconde série d'expériences, de chlorure de calcium à la dose de 1,4 dix-millième prolonge considérablement la survie. A 25°-29°, la survie de *Moina brachiata* est de cinq jours, celle de *Simodaphnia vetula*, de onze jours, cette dernière espèce se trouvant bénéficier, beaucoup plus que la précédente, de la présence de $CaCl^2$. Les deux Cladocères montrent, dans ce milieu, jusqu'à la veille de leur mort,

et malgré l'absence de nourriture organique, une activité très grande. Leur taille s'accroît tandis qu'ils deviennent de plus en plus transparents et finalement, ils présentent des signes d'épuisement lent et meurent, après avoir, semble-t-il, utilisé intégralement leurs réserves à la faveur de la présence de $CaCl^2$.

En refaisant ces essais à la température de 18°-19°, la survie est encore prolongée davantage; en particulier pour *Moina brachiata*, plus sensible que l'autre espèce aux variations de température dans la zone envisagée, la limite de survie passe de cinq jours à neuf jours. Tout se passe comme si l'abaissement de la température ralentissait la consommation de réserves et permettait ainsi une plus longue résistance à l'inanition. Si l'on double la dose de $CaCl^2$, la survie diminue; il y a donc un optimum (à préciser), les fortes doses étant défavorables.

En aucun cas, dans tous les essais précédents, n'est apparu de reproduction; jamais aucun œuf dans les ovaires.

En ajoutant à ce milieu (eau distillée + $CaCl^2$) quelques gouttes d'une solution de gélatine à $0^g,5$ pour 200^{cm^3}, on observe un effet nutritif très net, avec prolongation de la survie et apparition dans certains tubes d'une reproduction parthénogénétique active; mais l'examen des résultats montre une grande irrégularité et conduit à rejeter la gélatine comme donnant un milieu complexe, rarement comparable à lui-même, notamment à cause des ions que le gel de gélatine retient toujours avec énergie en plus ou moins grande quantité et qui sont une importante cause d'erreur.

En substituant à la gélatine du glycocolle pur (10 gouttes d'une solution au 1/100e dans un tube à essai ordinaire), on obtient au contraire des résultats très cohérents. La survie est prolongée de quinze jours pour *Moina brachiata* à 18° et la taille adulte normale est atteinte. Les Cladocères se pigmentent d'une façon très apparente, surtout *Simodaphnia vetula*, ce qui montre l'utilisation de la substance organique. Enfin, dans plusieurs cas, des œufs parthénogénétiques sont pondus dans la poche incubatrice.

En substituant au glycocolle la lysine, on obtient encore une prolongation de la survie et des phénomènes incomplets de reproduction, tels que l'apparition, en l'absence de tout mâle, d'une ébauche d'éphippie très caractéristique chez une jeune femelle isolée dès sa naissance. Avec le tryptophane, les résultats, encore peu nombreux, ont été beaucoup plus irréguliers, peut-être à cause de la difficulté d'obtenir ce produit très pur.

Ces divers essais montrent, notamment, que les substances aminées nécessaires à l'apparition des œufs parthénogénétiques ne sont probable-

ment pas suffisantes pour produire le développement complet de ces œufs. Des recherches sont poursuivies dans le but de déterminer le rôle de divers autres corps dans ce développement.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Le soufre du blé; sa nature et sa répartition. Corrélation entre le rapport soufre/azote dans le blé et la valeur boulangère de la farine* (1). Note de MM. **R. Guillemet** et **C. Schell**, présentée par M. A. Desgrez.

L'examen des résultats obtenus par les auteurs dans la détermination du soufre total des blés et farines indique que l'opération n'est pas aisée. Cela tient non seulement à ce que la précipitation de l'ion SO^4 par le chlorure de baryum ou le chlorhydrate de benzidine est délicate, mais surtout à la difficulté de détruire suffisamment la substance de manière à récupérer totalement le soufre organique. Pour cette destruction, on a préconisé récemment l'emploi d'un mélange d'acide nitrique monohydraté et d'acide perchlorique de densité 1,61 (Lemattе, Boinot et Kahane (2).

Nous avons appliqué la méthode d'attaque de ces auteurs au dosage du soufre total des blés, farines, glutens, issues de meunerie, etc., mais nous avons constaté que, même à l'aide de ces réactifs, la détermination est assez pénible. La destruction *efficace* de la matière organique dure toujours plusieurs heures; elle est d'autant plus malaisée à conduire que la moindre surchauffe — surtout en fin d'opération, au moment où l'on chasse l'excès d'acide perchlorique qui gênerait la précipitation de l'ion SO^4 — peut provoquer le départ d'acide sulfurique. Nos déterminations ont porté sur des quantités de substance variant de 1^g à 50^g, soumises à l'attaque nitro-perchlorique dans des conditions de température et de temps déterminées; le soufre a été dosé par pesée de sulfate de baryum. Corrélativement, des dosages d'azote sur les matières premières ont été effectués par la méthode de Kjeldahl adaptée aux produits de meunerie.

En opérant sur 22 blés de provenance très diverse (2 russes, 1 bulgare, 4 marocains, 4 algériens, 6 américains, 5 français), nous avons constaté

---

(1) On entend par valeur boulangère l'ensemble des qualités qui font qu'une farine est susceptible de fournir un pain d'aspect et de consommation plus ou moins agréables.

(2) L. Lematte, G. Boinot et E. Kahane. *Ann. Chim. anal.*, 9, 1927, p. 296.

que la teneur en soufre du blé est toujours comprise entre 0,1 et 0,2 pour 100. Ce soufre se répartit de la manière suivante :

1° *Sulfates minéraux et sulfo-éthers.* — Tous les blés ne renferment que de faibles quantités de sulfates minéraux, correspondant au maximum à 4 ou 5 pour 100 du soufre total. Il ne nous a pas été possible de déceler la présence de sulfo-éthers; s'ils existent, c'est en quantité insignifiante, dans tous les cas inférieure à celle des sulfates.

2° *Soufre des protides insolubles.* — Si on lave une pâte de farine de blé sous un courant d'eau, de manière à se débarrasser de l'amidon et des autres substances solubles, on constate que le rapport soufre/azote dans les gluten [1] qui reste, et qui est composé en majeure partie de protides insolubles, est le même pour tous les blés et voisin de 7/1000.

3° *Soufre des protides solubles.* — Dans les protides entraînés au lavage, ce rapport S/N est d'autant plus élevé que le blé considéré a une valeur boulangère moindre [2].

Comme, d'autre part, le rapport S/N augmente de la farine aux sous-produits de mouture d'un blé, on peut en conclure que ce sont les protides de l'assise d'aleurone sous-corticale, de mauvaise qualité boulangère, qui présentent la plus forte teneur en soufre. Nous avons d'ailleurs vérifié que, dans certaines farines (seigle) dans lesquelles il est impossible de séparer par lavage l'amidon du gluten, la teneur en soufre est très forte par rapport à l'azote.

En résumé, presque tout le soufre des blés appartient aux protides. Les protides insolubles ont une teneur en soufre sensiblement constante et indépendante du blé. Les protides solubles sont d'autant plus riches en soufre que le blé fournit une plus mauvaise farine.

Dès lors, on pourrait envisager un classement des blés d'après les qualités boulangères de leur farine, en considérant le rapport S/N soit dans les protides solubles, soit dans le blé total. Le tableau ci-après illustre cette affirmation en ce qui concerne le blé total : un certain nombre d'échantillons de blé ont été classés d'après la moyenne des résultats

---

(1) Remarquons que l'attaque du gluten humide en vue du dosage du soufre est beaucoup plus aisée que celle du gluten préalablement séché.

(2) Dans les blés donnant les meilleures farines (Manitoba) ces protides solubles sont précipitables à peu près intégralement par les réactifs ordinaires de coagulation des protéides; dans les mauvais blés, une partie (vraisemblablement la plus dégradée) échappe à la précipitation.

obtenus par les diverses méthodes usitées en meunerie pour déterminer les qualités boulangères de la farine (gluten lavé, extensimètre de Chopin, farinographe de Brabender, viscosimètre, essais de panification, etc.); on a déterminé d'autre part le soufre et l'azote, d'où l'on déduit le rapport S/N.

Blés classés d'après la valeur boulangère décroissante de la farine.

Provenance du blé.	Azote pour 100.	Soufre pour 100.	Rapport $\frac{\text{soufre total}}{\text{azote total}} \times 1000$.
Manitoba	2,56	0,173	67,6
Maroc (A)	1,93	0,138	71,8
Tunisie	2,18	0,158	72,5
Russie (A)	2,13	0,155	73,1
Russie (B)	2,23	0,164	73,8
Algérie (A)	1,98	0,148	75,0
Kansas	1,95	0,152	78,3
Blé de pays (A)	2,21	0,172	78,1
Bulgarie	1,80	0,141	78,4
Blé de pays (B)	1,68	0,130	78,4
Maroc (B)	1,68	0,137	81,9
Algérie (B)	2,03	0,163	81,3
Blé de pays (C)	1,35	0,118	87,6
Seigle	1,19	0,143	121

Jusqu'ici, seuls quelques échantillons de blé ayant subi des actions fermentaires anormales — faciles d'ailleurs à déceler dans la pratique — ont donné des farines de qualités boulangères un peu moindres que le rapport S/N permettait de le prévoir. Mais, en général, la concordance de nos résultats reste excellente : la valeur boulangère de la farine diminue au fur et à mesure que le rapport soufre/azote du blé devient plus élevé.

MÉDECINE. — *Recherches sur la purification de l'air. Appareil purificateur.* Note de M. **Gaston Ménier**, présentée par M. d'Arsonval.

En exposant jadis devant un ventilateur, pour la sécher, une plaque photographique, nous fûmes frappé par la rapidité avec laquelle se formait un abondant dépôt de poussières sur cette plaque. Ce phénomène nous a incité à rechercher des procédés rapides de purification de l'air par captage, non seulement des poussières, mais aussi des gaz sur des surfaces humides.

Après différents essais, nous avons utilisé le système suivant :

1° Une toile sans fin tendue verticalement sur deux rouleaux mus électriquement (toile : largeur, $0^m,56$; longueur développée, $3^m,50$; surface utile $1^{m^2},96$) plonge, au bas de sa course, dans un auget contenant une solution purificatrice (eau de baryte), vitesse de déplacement de la toile : $2^m,50$ à la minute.

2° Un ventilateur électrique à 3^m face à la toile.

Le ventilateur tourne devant un cône creux canalisant l'air projeté régulièrement sur la surface de la toile ; vitesse de rotation du ventilateur : 720 tours à la minute.

Les expériences ont porté simultanément sur l'absorption de l'acide carbonique et sur l'épuration bactérienne de l'air. Le système est installé dans un wagon de marchandises, calfeutré, pourvu des ouvertures nécessaires aux diverses manipulations et tapissé intérieurement de toile cirée blanche (capacité $30\,m^3$) [1].

Expériences chimiques. — On a créé dans le wagon des atmosphères à teneur connue d'acide carbonique et pris des dispositions pour effectuer, sur place, de l'extérieur, par aspiration à travers de l'eau de baryte, les titrages de l'acide carbonique.

Résultats.

	Teneur en acide carbonique.
Air du wagon au début de l'expérience.....	7,55 pour 10000
Air du wagon après fonctionnement du purificateur pendant une demi-heure........	3,75 pour 10000
Air extérieur..........................	non dosable par ce procédé [2]

L'expérience sur le wagon confirme ce que nous avions déjà constaté des expériences faites en 1930 dans un local avec un système établi sur le même principe.

Expériences bactériologiques. — On effectue dans le wagon une abondante pulvérisation homogène de culture de *Bacillus prodigiosus* émulsionnée dans du sérum artificiel. Des plaques de Petri ont été déposées préalablement dans le wagon avec un dispositif permettant de les découvrir et de les recou-

(1) Wagon placé à l'écart en plein champ sur une voie de garage et relié à des canalisations électriques.

(2) Il eût fallu aspirer non pas 1 litre d'air, mais 2 ou 3 litres pour doser l'acide carbonique atmosphérique.

vrir automatiquement. Les plaques sont ensuite mises en incubation et observées après trois jours.

Voici les résultats obtenus :

1, *plaque témoin* (exposée avant la mise en route du dispositif, de 11h15m à 11h25m) : infinité de colonies rouges de *Bacillus prodigiosus* absolument confluentes.

2 (exposée de 11h42m à 11h51m, soit pendant 9 minutes, après 6 minutes de fonctionnement de l'appareil) : 20 colonies rouges de *Bacillus prodigionus.*

3 (exposée de 11h53m à 12h3m, soit pendant 10 minutes, après 17 minutes de fonctionnement de l'appareil) : 3 colonies de *Bacillus prodigiosus.*

4 (exposée de 12h5m à 12h14m, soit pendant 10 minutes, après 34 minutes de fonctionnement de l'appareil) : colonie rouge de *Bacillus prodigiosus.*

Conclusions. — Ces expériences démontrent que la purification chimique de l'air par la solution saturée de baryte imprégnant la toile mobile est pratiquement complète après 30 minutes.

Les résultats bactériologiques ne sont pas moins démonstratifs, l'atmosphère étant débarrassée des germes en suspension après 34 minutes de fonctionnement du rouleau de toile humide.

L'inconvénient qui résulte de l'accroissement brusque et notable de l'état hygrométrique provenant de l'évaporation intense de l'eau qui imbibe la toile, pourrait être supprimé, par l'utilisation d'un liquide purificateur à faible tension de vapeur (solution concentrée de glycérine, chlorure de calcium, etc.), qui pourrait être rendu microbicide par l'addition du produit approprié.

La séance est levée à 16h40m.

E. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 AVRIL 1933.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES RICHET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de Pâques, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mardi 18 avril au lieu du lundi 17.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Frédéric Swarts**, Correspondant de l'Académie pour la Section de Chimie, professeur de l'Université de Gand, et à M. **Henri Fehr**, professeur de l'Université de Genève, qui assistent à la séance.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les congruences de droites et leurs surfaces focales*. Note de M. **Jules Drach**.

Il s'agit d'abord, ici, de la *détermination des congruences de droites dont les développables touchent les surfaces focales suivant des lignes géodésiques*.

Ce problème, qui m'a été posé récemment par M. B. Gambier, paraît l'un des plus difficiles de la Géométrie; il conduit en effet à un système *équivalent* à une équation aux dérivées partielles du *sixième ordre* pour une fonction inconnue de deux variables, suivi d'une équation de Laplace. Dans un cas particulier important le problème principal s'abaisse au quatrième ordre. J'ai pu traiter complètement un cas *singulier* dépendant aussi du quatrième ordre, celui où les géodésiques sont de longueur nulle: l'équation de Laplace elle-même s'intègre alors explicitement.

On trouvera également plus loin la solution d'un autre problème relatif

aux congruences de droites : la *détermination des congruences de Ribaucour qui gardent ce caractère quand on les transforme par la méthode de Laplace, appliquée aux réseaux conjugués des surfaces focales*, problème qui est aussi du *sixième ordre*.

a. On part de la surface *moyenne* de la congruence, lieu du point M de coordonnées (ξ, η, ζ); les foyers correspondants sont $F_1(x_1, y_1, z_1)$, $F_2(x_2, y_2, z_2)$ avec $x_1 = \xi + \rho\alpha, \ldots, x_2 = \xi - \rho\alpha, \ldots$, où α, β, γ sont les cosinus directeurs de la droite, 2ρ la distance focale.

Si l'on pose

$$d\sigma^2 = d\alpha^2 + d\beta^2 + d\gamma^2 = e\,du^2 + 2f\,du\,dv + g\,dv^2,$$

α, β, γ sont solutions d'une équation de Laplace (E)

$$\frac{\partial^2\alpha}{\partial u\,\partial v} = \mathrm{H}\frac{\partial\alpha}{\partial u} + \mathrm{K}\frac{\partial\alpha}{\partial v} - f\alpha,$$

où $\mathrm{H} = \left\{ \begin{matrix} uv \\ u \end{matrix} \right\}$, $\mathrm{K} = \left\{ \begin{matrix} uv \\ v \end{matrix} \right\}$ sont les symboles de Christoffel et l'on sait que ρ est une solution quelconque de l'*adjointe* à (E).

Les formules qui donnent ξ, η, ζ sont alors

$$\frac{\partial\xi}{\partial u} = \left(\frac{\partial\rho}{\partial u} + 2\rho\mathrm{K}\right)\alpha - \rho\frac{\partial\alpha}{\partial u}, \qquad \frac{\partial\xi}{\partial v} = -\left(\frac{\partial\rho}{\partial v} + 2\rho\mathrm{H}\right)\alpha + \rho\frac{\partial\alpha}{\partial v},$$

d'où l'on déduit les dérivées de x_1, y_1, z_1; x_2, y_2, z_2, et tous les éléments des focales (F_1) et (F_2).

En particulier,

$$\frac{\partial x_1}{\partial u} = 2\left(\frac{\partial\rho}{\partial u} + \rho\mathrm{K}\right)\alpha, \qquad \frac{\partial x_2}{\partial v} = -2\left(\frac{\partial\rho}{\partial v} + \rho\mathrm{H}\right)\alpha.$$

Si l'on exprime que sur (F_1) les lignes $u = \text{const.}$ sont géodésiques, on trouve la condition

$$\frac{\partial}{\partial v}\left(\frac{\mathrm{H}}{\sqrt{\mathrm{H}^2 + g}}\right) + \frac{g}{\sqrt{\mathrm{H}^2 + g}} = 0,$$

qui *ne dépend pas de* ρ. En y joignant la condition symétrique relative à (F_2) et celle qui exprime que la courbure de $d\sigma^2$ est égale à 1, on a, avec les inconnues e, f, g, les trois équations du problème. Le système prend une forme simple, où les *caractéristiques* (u, v) *du problème sont en évidence*, en posant

$$\sqrt{e} = \frac{\partial\varphi}{\partial u}, \qquad \sqrt{g} = \frac{\partial\psi}{\partial v}, \qquad f = \sqrt{eg}\cos\omega,$$

on peut l'écrire, après intégration,

$$\frac{\partial^2\varphi}{\partial u\,\partial v} = -\frac{\partial\varphi}{\partial u}\frac{\partial\psi}{\partial v}(\cos\omega\,\text{tang}\,\varphi + \text{tang}\,\psi), \qquad \frac{\partial^2\psi}{\partial u\,\partial v} = -\frac{\partial\varphi}{\partial u}\frac{\partial\psi}{\partial v}(\cos\omega\,\text{tang}\,\psi + \text{tang}\,\varphi),$$

$$\frac{\partial^2\omega}{\partial u\,\partial v} = \cos\omega\left(\frac{\partial\omega}{\partial u}\text{tang}\,\varphi\frac{\partial\psi}{\partial v} + \frac{\partial\omega}{\partial v}\text{tang}\,\psi\frac{\partial\varphi}{\partial u}\right) - \sin\omega\frac{\partial\varphi}{\partial u}\frac{\partial\psi}{\partial v}(2\,\text{tang}\,\varphi\,\text{tang}\,\psi\cos\omega - 1).$$

Dans le cas où l'on pose $\varphi = \psi$, les deux premières équations sont identiques, le système est du quatrième ordre; on a

$$\frac{\partial H}{\partial u} = \frac{\partial K}{\partial v},$$

la congruence découpe sur (M) un réseau conjugué (u, v), c'est-à-dire est de Ribaucour.

On n'a jamais $\omega = \pi/2$, c'est-à-dire jamais de congruence de normales.

b. Le problème actuel, comme bien d'autres, conduit à une propriété de l'image sphérique de la congruence. On est ainsi amené à rechercher systématiquement les propriétés des nappes focales *indépendantes* de ρ. La direction de la tangente aux lignes $u = \text{const.}$ donnée par les cosinus $(\alpha_1, \beta_1, \gamma_1)$ où $\alpha_1\sqrt{H^2 + g} = \partial\alpha/\partial v - H\alpha$ est indépendante de ρ; donc aussi celle de la normale principale, etc. L'angle des lignes (u, v) sur (F_1) est précisément ψ et l'équation différentielle, qui exprime que les lignes $u = \text{const.}$ sont géodésiques, peut s'écrire

$$\sqrt{g}\,dv = \frac{\partial\psi}{\partial v}dv$$

et s'interprète géométriquement.

Des longueurs attachées à (F_1), les unes sont proportionnelles à ρ, tel le rayon de courbure géodésique des lignes u, d'autres à $\partial\rho/\partial u + \rho K$ comme le rayon de courbure géodésique des lignes v, d'où de nombreux *invariants*, indépendants de ρ. On voit, en particulier, que l'équation $\varphi = \psi$, à laquelle conduit l'hypothèse que la congruence est de Ribaucour, a une signification géométrique immédiate.

c. Lorsque les lignes de contact des développables sont de *longueur nulle* sur (F_1) et (F_2), on obtient des résultats simples. Les équations du problème sont : $K^2 + e = 0$, $H^2 + g = 0$; elles conduisent à un système du quatrième ordre (on peut faire $\varphi = \psi$). Nous l'intégrons en déterminant les surfaces focales, puis les cosinus α, β, γ.

On a, par exemple,

$$\alpha e^{-i\varphi} = U_1 + V_1, \qquad \ldots,$$

les U_i, V_i satisfaisant aux deux conditions

$$U_1'^2 + U_2'^2 + U_3'^2 = 0, \quad V_1'^2 + V_2'^2 + V_3'^2 = 0,$$

d'où

$$\bar{e}^{2i\varphi} = (U_1 + V_1)^2 + (U_2 + V_2)^2 + (U_3 + V_3)^2.$$

Enfin, l'équation en ρ peut s'écrire

$$\frac{\partial^2 \rho e^{i\varphi}}{\partial u\, \partial v} = 0, \qquad \text{d'où} \qquad \rho e^{i\varphi} = U + V,$$

avec deux nouvelles fonctions arbitraires. La détermination de (F_1), (F_2), (M) exige donc seulement des quadratures.

d. Les formules $\alpha_1 \sqrt{H^2 + g} = \partial\alpha/\partial v - H\alpha$, ..., qui donnent les cosinus directeurs de la tangente aux lignes $u = \text{const.}$ sur (F_1), permettent de former l'équation de Laplace (E_1) vérifiée par α_1, β_1, γ_1. Si l'on exprime que (E_1) est, comme (E), à *invariants égaux*, on trouve simplement que (E) peut s'obtenir en posant $\alpha\lambda = X$, ... avec $\lambda^2 = X^2 + Y^2 + Z^2$, X, Y, Z étant trois solutions quelconques d'une équation (L)

$$\frac{\partial^2 X}{\partial u\, \partial v} = mX,$$

où m est une constante.

On a, en même temps, $\rho = \lambda R$, R désignant la solution générale de l'équation (L).

Les formules qui donnent la surface moyenne (M) sont alors

$$\frac{\partial\xi}{\partial u} = X\frac{\partial R}{\partial u} - R\frac{\partial X}{\partial u}, \qquad \frac{\partial\xi}{\partial v} = -\left(X\frac{\partial R}{\partial v} - R\frac{\partial X}{\partial v}\right);$$

elle correspond par orthogonalité des éléments à une surface (P′) lieu de (ξ', η', ζ'), rapportée à ses asymptotiques

$$\frac{\partial\xi'}{\partial u} = Y\frac{\partial Z}{\partial u} - Z\frac{\partial Y}{\partial u}, \qquad \frac{\partial\xi'}{\partial v} = -\left(Y\frac{\partial Z}{\partial v} - Z\frac{\partial Y}{\partial v}\right)$$

et *indépendante* de ρ; elle donne donc la déformation infiniment petite de (P′). On reconnaît ici les formules de Lelieuvre, valables encore lorsque *m* est quelconque.

Si *m* est constant, on a, pour la congruence des tangentes aux courbes $u = \text{const.}$ sur (F_1), des formules analogues où X, Y, Z sont remplacées par $\partial X/\partial v$, $\partial Y/\partial v$, $\partial Z/\partial v$ solutions de la même équation (L) et R par la solution

$$\frac{-1}{m}\frac{\partial R}{\partial u}.$$

Tout dépend donc de l'intégration de (L), qui est connue.

Le détail et le développement de ces recherches paraîtront ailleurs.

HYGIÈNE. — *L'aérofiltre pour la purification de l'air.*
Note de M. **Charles Richet**.

C'est avec raison que M. Gaston Ménier a appelé l'attention sur la purification de l'air (¹).

Qu'il me soit permis de rappeler que j'ai proposé un moyen analogue, plus simple peut-être, par un appareil que j'ai appelé l'*aérofiltre* (*Bull. de l'Acad. de Médecine*, juillet 1909).

Il s'agit toujours d'un ventilateur (mû par l'électricité) qui entraîne l'air. Mais, au lieu de faire passer cet air devant une toile, on fait tomber sur les ailes du ventilateur une très modérée quantité d'eau laquelle est alors projetée en forme de fine poussière autour d'un cylindre. Un litre par heure est suffisant.

Or, dans ces conditions, les poussières et les microbes sont entraînés par l'eau. (On sait combien l'atmosphère devient limpide après la pluie, parce que la pluie a entraîné les poussières qui étaient disséminées dans l'air.)

L'expérience a été faite plusieurs fois dans une salle d'hôpital par MM. Lesné, Debré et G. Simon (²).

Le liquide projeté et recueilli, après six heures de centrifugation, contenait une vraie purée de microbes. Tous les cobayes auxquels ce liquide a été injecté sont morts, présentant tantôt de la diphtérie, tantôt de la streptococcie.

Ainsi, par l'aérofiltre, c'est-à-dire par la pulvérisation d'eau projetée sur les hélices d'un ventilateur, on purifie l'air d'une chambre ou même d'une salle d'hôpital.

Un autre usage intéressant de l'aérofiltre, c'est qu'il peut, au moins partiellement, purger une salle de moustiques. Si l'on allume une petite lampe électrique, la nuit, près de l'hélice du ventilateur, les moustiques sont attirés par la lumière. Entraînés par le courant d'air, ils subissent la pulvérisation d'eau et tombent, noyés, dans le bassin de la partie inférieure.

Il est à désirer que ce procédé (ou celui de M. Gaston Ménier, qui est très analogue) entre dans la pratique de l'hygiène hospitalière. L'emploi en est aussi facile que peu coûteux.

(¹) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1055.
(²) *Comptes rendus*, **150**, 1910, p. 1001.

THÉORIE DES PROBABILITÉS. — *Sur l'équation différentielle de Fokker-Planck.* Note (¹) de M. **Serge Bernstein**.

1. Soit $y_0, y_1, \ldots, y_n, \ldots$ une succession de variables y_n liées par la relation

$$(1) \qquad \Delta y_n = y_{n+1} - y_n = \lambda\varphi_n(y_n, \alpha_n) + \lambda^2 f_n(y_n, \alpha_n),$$

où f_n et φ_n restent finies pour toutes les valeurs finies de y_n ainsi que leurs dérivées des trois premiers ordres, α_n représentant une suite de variables aléatoires indépendantes, satisfaisant à une loi de probabilités donnée, continue et trois fois dérivable. Il est clair que dans ces conditions, si y_0 satisfait à une loi de probabilité donnée possédant des dérivées des trois premiers ordres, ou bien si y_0 est fixé de telle sorte que $\partial\varphi_0/\partial\alpha_0 \gtrless 0$, y_n sera soumis également à une loi $p_n(y_n)$ de probabilités trois fois dérivable (pour λ suffisamment petit).

Supposons que y étant donné, l'espérance mathématique

$$E\varphi_n(y, \alpha_n) = 0, \qquad E\varphi_n^2(y, \alpha_n) = B_n(y), \qquad E f_n(y, \alpha_n) = A_n(y);$$

admettons de plus que $E|\Delta y|^3 = O(\lambda^3)$.

Posons ensuite $t = n\lambda^2$. On sait que dans ces conditions, si, λ tendant vers zéro, $p_n(y)$ tend vers une fonction $p(y, t)$ deux fois dérivable, cette probabilité limite satisfait à l'équation de Fokker-Planck

$$\frac{\partial p}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial y}(Ap) + \frac{1}{2}\frac{\partial^2(Bp)}{\partial y^2},$$

si $A(t, y) = \lim A_n(y)$, $B(t, y) = \lim B_n(y)$ possèdent les dérivées correspondantes.

Mais la déduction habituelle de cette équation ne prouve aucunement que cette loi limite existe effectivement et possède les dérivées exigées.

2. En réalité, nous pouvons indiquer des cas simples et assez fréquents, où la loi limite ainsi postulée n'existe pas.

Une loi limite $p(y, t)$ possédant une dérivée $\partial p/\partial t$ ne peut exister pour aucune valeur (ou distribution) *initiale y_0, quelque petit que soit $t > 0^p$, si l'on a*

$$(2) \qquad A_n(y) > |y|^{1+\beta}, \qquad \alpha_0 < B_n(y) < \alpha_1(1 + y^2),$$

où $\beta > 0$, $\alpha_0 > 0$, $\alpha_1 > 0$ sont des constantes données.

Ainsi, par exemple, une loi limite (satisfaisant à l'équation de Fokker-

(¹) Séance du 20 mars 1933.

Planck) ne pourra certainement pas exister, si l'équation (1) représente une modification stochastique de l'équation

$$\frac{dy}{dt} = y^2 \tag{3}$$

$[f_n(y) = A_n(y) = y^2]$, correspondant à des chocs intermittents également probables dans les deux sens ayant une dispersion $B_n(y)\Delta t = B\,\Delta t$ indépendante de y et t.

Sans entrer dans les détails de la démonstration, j'observerai seulement que le fait signalé tient à la tendance excessive de y de s'éloigner à l'infini provenant de la propriété de l'équation différentielle correspondante (3) de posséder des points singuliers mobiles.

3. Cependant, il est possible de donner des conditions suffisantes, où la loi limite $p(y, t)$ existe effectivement et satisfait à l'équation de Planck où à celle qui en résulte par intégration par rapport à y : *cela aura lieu pour toute valeur de* $t \leqq t_0$, *si l'on peut fixer un nombre* $\delta > 0$ *assez petit tel que l'espérance mathématique* a priori $M|y_n|^\delta < L$ *soit uniformément bornée, pour toutes les valeurs positives de* $\lambda \leqq \lambda_0$ *assez petites, lorsque* $\lambda^2 n \leqq t_0$.

$p(y, t)$ *satisfera*, en particulier, *à l'équation de Planck et sera déterminée par sa valeur initiale* $p(y, 0)$, lorsqu'il existe une constante positive a_1, telle que

$$y A(y) \leqq a_1 (y + y^2) \tag{4}$$

[par exemple, si $A(y) = -y^{2k-1} + b_1 y^{2k-2} + \ldots$ est un polynome de degré impair, de sorte que $yA(y)$ tend vers $-\infty$, pour $y = \pm\infty$].

La méthode de démonstration consiste à prouver d'abord que sous la condition (4) la loi limite $p(y, t, a, b)$ des probabilités existe, si l'on impose, de plus, à y de rester toujours dans un intervalle fini donné (a, b) : la fonction $p(y, t, a, b)$ satisfait alors à l'équation de Planck et se trouve complètement déterminée par sa valeur initiale et les conditions aux limites $p(a, t, a, b) = p(b, t, a, b) = 0$. On démontre ensuite que $p(y, t, a, b)$ tend (avec ses dérivées des deux premiers ordres) vers une limite déterminée, lorsque $a = -\infty$, $b = \infty$.

4. *Pour que la distribution de probabilités limite existe, lorsque* $t \to \infty$, *il sera suffisant que la condition* $M|y_n|^\delta < L$ *borné, subsiste indépendamment de* t *jusqu'à l'infini*. Il en sera ainsi, lorsqu'on peut fixer une valeur $\varepsilon > 0$ assez petite, telle que l'on ait

$$y A + \varepsilon(1 + y^2) < H(1 + y^2)^{\frac{3}{4}}, \tag{5}$$

H étant une constante. Cependant cette condition ne suffit pas, pour que la distribution limite satisfasse à l'équation de Planck (il est aisé de s'en assurer, en considérant l'exemple simple, où $A = -y$, $B = y^2$; on vérifie facilement que pour $t \to \infty$, la probabilité de $|y| < \varepsilon$ tend vers 1, quelque petit que soit ε, tandis que la solution correspondante de l'équation de Planck serait $1/y^2$).

Pour que la loi limite satisfasse à l'équation de Planck, il suffit d'ajouter la condition que la solution

$$p(y) = \frac{1}{B} e^{2\int \frac{A}{B} dy} \tag{6}$$

de cette équation puisse être normée : ce sera alors [l'inégalité (5) étant remplie] la loi des probabilités limite, quelles que soient les conditions initiales.

Ainsi, par exemple, $R(y)$ étant un polynome n'ayant que des racines réelles simples, $\sigma^2(y) > 1$, $\delta > 0$, l'équation

$$\Delta y = -\sigma^2(y)[R^2(y)]' \Delta t + \delta \varphi(y, \alpha) \sqrt{\Delta t} \qquad [E(\varphi^2) = \sigma^2(y)]$$

conduit, si $\Delta t \to 0$ et $t \to \infty$, à la distribution limite

$$p(y) = \frac{C}{\sigma^2(y)} e^{-\frac{2R^2(y)}{\delta^2}};$$

donc, si δ est très petit, y tendra à séjourner constamment dans le voisinage des racines de $R(y) = 0$, les durées de séjour près de chaque racine a_i tendant à devenir proportionnelles à $1/\sigma^2(a_i)|R'(a_i)|$, quelle que soit sa position initiale.

GÉOLOGIE. — *Les unités structurales internes de la chaîne alpine entre le Pelvoux et la Durance.* Note [1] de MM. **M. Gignoux** et **L. Moret**.

Faisant suite aux zones externes, étudiées dans une Note précédente [2], ces unités sont, de l'Ouest à l'Est, les suivantes :

1° *Zone (ou nappe) de l'Embrunais.* — Elle est formée en grande partie de *Flysch tertiaire :* c'est la zone du Flysch ou des Aiguilles d'Arves des auteurs. Mais elle contient également, à sa base, ou dans son épaisseur,

---

(1) Séance du 3 avril 1933.

(2) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 830.

beaucoup d'*écailles de terrains mésozoïques*, dont certains seulement ont été identifiés jusqu'à présent; nous sommes en effet persuadés qu'une grande partie des formations décrites sous le nom de « Flysch calcaire » doivent être attribuées au Crétacé inférieur ou supérieur, ou même parfois au Malm. Partout où la base stratigraphique du Tertiaire est visible, elle débute par le Lutétien transgressif.

Le *Crétacé supérieur* est représenté dans les écailles inférieures (haute vallée d'Ancelle, Forest des Estaris au Nord d'Orcières, etc.) par des calcaires sublithographiques blanchâtres à Rosalines; dans les écailles supérieures, donc d'origine plus interne (Chabrières, Roc de Couleau), c'est le faciès marbres en plaquettes du Briançonnais, plus schisteux et bariolé (couches rouges préalpines), qui apparaît.

Le *Néocomien* existe très probablement sur toute la hauteur de la nappe sous forme de couches à *Aptychus* (les Phasis de Châteauroux, Chabrières) et de calcaires à Radiolaires, souvent très semblables à ceux du Sénonien, mais sans Rosalines; c'est probablement en partie à cet étage que doivent être attribuées les curieuses couches à lits de radiolarites vertes et à bancs de calcaires à Calpionelles du fond de la haute vallée d'Ancelle ([1]); il est possible qu'ici ces couches englobent le sommet du *Malm*. Au contraire, dans les écailles plus internes, donc supérieures, le faciès amygdalaire rouge du Jurassique supérieur, dit marbre de Guillestre, fait son apparition sous forme de petites lentilles dans une masse de calcaires gris (Chabrières, Roc de Couleau, Forest des Estaris). Le Callovo-Oxfordien et le *Dogger*, sous un faciès néritique déjà annoncé dans l'écaille de Saint-Vincent (zone ultra-dauphinoise), étaient auparavant inconnus dans cette zone; nous les avons découverts dans la haute vallée d'Ancelle. Le *Lias* se retrouve à Saint-Apollinaire dans une écaille basale qui représente le prolongement Nord, presque entièrement laminé, du puissant massif du Morgon; il y a là des faciès de calcaires à silex et Gryphées identiques à ceux du Morgon, et surmontant les schistes rouges et les lumachelles du *Rhétien*. Quant au *Trias*, il est surtout remarquable par le développement de schistes rouges et de gypses et cargneules : ces particularités ont été soulignées depuis longtemps par E. Haug comme caractéristiques de cette zone.

2° *Zone du Briançonnais* (*s. str.*). — Entre le Pelvoux et la Durance, la limite entre la zone du Briançonnais et celle de l'Embrunais s'impose nettement sur une carte géologique; au delà de la large bande du Flysch de

---

([1]) Voir M. Gignoux et L. Moret, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1202.

l'Embrunais, viennent en effet les premières écailles briançonnaises poussées sur ce Flysch et ne comportant presque que des *terrains secondaires*. Ces écailles ont été étudiées en 1903 par P. Termier entre Briançon et Vallouise; les recherches de Ch. Pussenot, F. Blanchet, D. Schneegans, E. Raguin et nous-mêmes, permettent maintenant d'en suivre le prolongement au Nord et au Sud.

A. Les *écailles inférieures* (première et deuxième écailles de P. Termier) se prolongent vers le Nord dans les fameux plis couchés du Pas du Roc (¹) en aval de Saint-Michel de Maurienne : c'est la zone du Pas du Roc de D. Schneegans (= zone du Galibier, *pars*, de W. Kilian) (D. Schneegans, *C. R. somm. Soc. géol. France*, 2 mars 1931). Au Sud de Vallouise, P. Termier a montré que ces écailles se prolongeaient, en se laminant progressivement, par les Cols de La Pousterle et d'Anon. A Freyssinières, elles ont presque complètement disparu par laminage. Mais, plus au Sud, nous les avons vues s'épanouir de nouveau et constituer les parties culminantes des massifs de la Tête de Gaulent et de RocheCharnière; on vient aboutir ainsi à la fameuse coupe de Réotier et du Plan de Phazy, où le laminage atteint un degré extraordinaire.

B. *L'écaille supérieure* (3ᵉ écaille de P. Termier) n'est en réalité que la couverture mésozoïque des plis les plus externes de la zone houillère briançonnaise. A la coupe du Pas du Roc, nous avons montré (*loc. cit.*, p. 90 et *fig.* 6) que cette couverture est réduite à des klippes de roches mésozoïques diverses, emballées dans la zone des gypses qui restent seuls ici pour séparer la large zone houillère de la zone du Pas du Roc. Plus au Sud, notre écaille supérieure se prolonge par le massif du Pic du Galibier; plus au Sud encore, P. Termier en a précisé les limites dans ses « Montagnes entre Briançon et Vallouise » entre le Monetier et Freyssinières. Il a montré que là, entre les Vigneaux et l'Argentière, la profonde vallée de la Durance faisait réapparaître en « fenêtre » les écailles inférieures; cette fenêtre se prolonge d'ailleurs jusqu'à la Roche de Rame, — et sépare de la région des racines toute une portion de l'écaille qui constitue le massif Croix des Têtes — Pic de la Séa, et forme au Sud de la vallée de Freyssinières le grand lambeau synclinal de Champcella dont le Houiller de base repose sur les marbres en plaquettes et le Flysch des écailles inférieures. Du Nord au Sud, à mesure que le noyau houiller s'ennoie, sa couverture se développe en grands plis couchés; le plus externe est la 3ᵉ écaille, que nous venons de suivre; d'autres, plus internes,

(¹) *Travaux du Lab. de Géol. de l'Univ. de Grenoble*, 15, fasc. 3, 1931, p. 81.

apparaissent dans les hauts du massif de Pierre-Eyrautz, sous lequel le Houiller briançonnais a définitivement disparu (L. Moret, E. Raguin et D. Schneegans, *C. R. somm. Soc. géol. France*, 15 décembre 1930).

3° *Zone des schistes lustrés*. — A l'Est de la zone du Briançonnais, apparaissent subitement les schistes lustrés de la zone du Piémont, qui, poussés en une série de festons, semblent le plus souvent reposer sur le pays briançonnais par contact anormal : c'est la « nappe des schistes lustrés » de P. Termier et W. Kilian. Il est probable que la 4° *écaille* de P. Termier, posée sur le sommet de la 3° écaille en face de Briançon, représente un lambeau de poussée à la base de cette nappe.

CORRESPONDANCE.

M. le **Général commandant l'École Polytechnique** adresse un rapport sur l'emploi qui a été fait des subventions accordées à cet établissement sur la fondation Loutreuil en 1931 et 1932.

GÉOMÉTRIE. — *Sur certains ensembles de droites*. Note de M. **J. Mirguet**, présentée par M. Élie Cartan.

Signalant l'intérêt qui s'attache, pour l'étude directe de familles infinies Γ de droites, à l'ensemble ponctuel Ω constitué par tous les points des droites de Γ, M. Bouligand [1] a proposé diverses questions relatives à ces Ω. Ce travail répond à l'une d'elles : « Si en un point A d'une génératrice D de Γ, l'ensemble Ω présente le caractère d'une surface à paratingent incomplet, un autre point de D peut-il être intérieur à Ω? »

Nous considérons des ensembles vérifiant les hypothèses suivantes :

1° Il existe une sphère Σ à l'intérieur de laquelle par un point de Ω passe une seule génératrice de Γ; mais par les points extérieurs à Σ *peuvent* passer plusieurs génératrices de Γ.

2° Quand à l'intérieur de Σ, on se déplace sur Ω d'une manière continue, la génératrice correspondante varie d'une manière continue.

Nous nous proposons de démontrer que si une génératrice D pénètre

(1) *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, n° 12, 1932, p. 238-242.

dans Σ et qu'un point M de D, intérieur à Σ, est un point intérieur de Ω, *il est impossible qu'en un autre point* A *de* D *l'ensemble* Ω *soit une surface à paratingent incomplet.*

Éliminons d'abord le cas où A serait intérieur à Σ et celui où, à tout point de Ω, correspondrait *partout* une seule droite de Γ. On pourrait dans ces cas particuliers raisonner ainsi : décrivons dans un plan quelconque issu de M un petit cercle de centre M dont tous les points appartiennent à Ω, les génératrices correspondantes décrivent sur un plan parallèle issu de A une petite courbe fermée entourant A; toutes les directions de ce plan *quelconque* sont paratingentes en A; le paratingent de Ω ne peut donc être incomplet en A.

Dans ce qui suit nous supposons donc qu'au voisinage de A, par un même point de Ω, peuvent passer plusieurs droites de Γ. Supposons qu'au voisinage de A, Ω ait le caractère d'une surface à paratingent incomplet, nous allons montrer que cette supposition conduit à une impossibilité; voici, d'abord, quelque remarques :

Soit Δ une direction exclue du paratingent de Ω en A, il en est de même de toutes les directions suffisamment voisines de Δ; toute sphère σ, de centre A, de rayon assez petit ne contiendra aucune corde de Ω parallèle à Δ (ou à une direction voisine).

On peut déterminer un plan P issu de A, parallèle à Δ et rencontrant Ω suivant un continu K englobant A puisque Ω est une surface en A. Enfin, menons par M le plan Q parallèle à P; deux génératrices de Γ issues d'un point B de Ω intérieur à σ ne peuvent rencontrer Q sur une même parallèle à Δ (ou à une direction voisine de Δ); l'existence de ces deux génératrices assurerait, en effet, l'existence d'une infinité de cordes de Ω intérieures à σ et parallèles à Δ (ou à cette direction voisine de Δ).

Ceci posé, considérons dans le plan Q un cercle γ, de centre M, tel que par tout point intérieur à γ passe une génératrice transperçant σ. Soit, dans Q, un parallélogramme, entièrement intérieur à σ, XYZT, dont la diagonale XZ est parallèle à Δ et dont les côtés et les directions intermédiaires sont tous exclus du paratingent de Ω en A.

Considérons un point mobile H qui se déplace sur XY puis YZ; la génératrice correspondante rencontre P en H'; H' se déplace d'une manière continue; si l'on a choisi le rayon de σ assez petit pour que σ ne contienne aucun autre continu de Ω, situé sur P, que le continu K, le point H' se déplace sur K et cela d'une manière continue et dans le même sens (autrement par un même point de K passeraient deux génératrices issues d'une

droite de Q parallèle à une direction exclue du paratingent de Ω en A). Si H décrit ensuite ZT puis TX, le point H' revient sur K et sur ses pas d'un mouvement continu et constamment dans le sens contraire du précédent (pour les mêmes raisons).

Un même point B rencontré par H' quand H décrit XYZ est donc rencontré de nouveau quand H décrit ZTX. A ce point B correspondent donc deux points C et D situés l'un sur XY (ou YZ) et l'autre *respectivement* sur XT (ou TZ).

Déplaçons continûment le point B sur K dans différentes positions B_i voisines de la première; les points C_i et D_i analogues à C et D décrivent de petits segments englobant C et D. Projetons cette figure sur un plan parallèlement à la direction Δ; les projections de B_iC_i et B_jD_j se rencontrent aussi près qu'on veut de B_i, donc sur une parallèle δ à Δ qui rencontre σ; il faut donc que B_iC_i et B_jD_j elles-mêmes se rencontrent, sans quoi il y aurait sur δ une corde de Ω parallèle à Δ et intérieure à σ, ce qui est impossible puisque Δ est exclue du ptg de Ω en A. Le fait que le ptg de Ω est incomplet en A demande donc que toutes les génératrices issues de deux petits segments, l'un sur XY et l'autre sur XT, se rencontrent, et comme les directions XY et XT sont quelconques l'une par rapport à l'autre, la conclusion resterait vraie pour une infinité de segments rayonnant de X dans Q et de directions exclues du ptg de Ω en A : conclusion impossible.

Donc, l'hypothèse de Ω surface en un point A de D et présentant en M (intérieur à Σ) un point intérieur conduit à une impossibilité; ce sont donc deux propriétés incompatibles, conformément à la proposition annoncée.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur une déformation projective des complexes tétraédraux.* Note de M. **Paul Mentré**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Considérons dans l'espace projectif réglé un complexe Γ engendré par une congruence linéaire mobile L dont les deux directrices S_1 et S_2 décrivent deux faisceaux plans sans droite commune.

Les deux directrices $S_1 = [B_1 C_3]$, $S_2 = [B_2 C_4]$ rencontrent une droite fixe en deux points mobiles B_1, B_2 et passent par deux points fixes C_3, C_4.

Le déplacement infinitésimal simultané des deux points B_1, B_2 peut toujours se mettre sous la forme symbolique canonique

$$dB_1 = B_2\,dV, \qquad dB_2 = B_1\,F(V)\,dV.$$

Comme la génératrice G de la congruence L s'appuie sur les deux directrices en deux points arbitraires A_1, A_2, on peut poser

$$A_1 = B_1 + C_3 U, \qquad A_2 = B_2 + C_1 W.$$

Lorsque les trois paramètres de position U, V, W varient, la droite G se déplace dans le complexe Γ et l'on a

$$dA_1 = B_2\, dV + \frac{A_1 - B_1}{U}\, dU, \qquad dA_2 = B_1 F(V)\, dV + \frac{A_2 - B_2}{W}\, dW.$$

Deux génératrices infiniment voisines se rencontrent donc si

$$(1) \qquad \frac{dU}{U}\frac{dW}{W} + F(V)\, dV^2 = 0.$$

2. Considérons un autre complexe γ engendré comme le complexe Γ. Deux droites infiniment voisines g prises dans γ se rencontrent si

$$(2) \qquad \frac{du}{u}\frac{dw}{w} + f(v)\, dv^2 = 0.$$

Les équations de Monge (1) et (2) montrent que les développables des deux complexes seront associées si l'on s'impose :

$$\frac{dU}{U} = \frac{du}{u}, \qquad \frac{dW}{W} = \frac{dw}{w}, \qquad F(V)\, dV^2 = f(v)\, dv^2.$$

On aura donc, pour loi de correspondance des droites G et g,

$$U = \lambda u, \qquad W = \nu w, \qquad \int \pm \sqrt{F(V)}\, dV = \mu + \int \sqrt{f(v)}\, dv.$$

On réalise ainsi une application projective qui dépend de trois constantes, λ, μ, ν.

On peut d'ailleurs supposer que les constantes λ et ν ont été réduites à l'unité par un déplacement projectif préalable du complexe Γ.

3. La correspondance entre les droites g et G associe deux à deux les congruences linéaires l et L, car $dv = 0$ entraîne $dV = 0$. Il est facile de voir que la correspondance entre les droites de deux congruences linéaires associées est projective.

Pour connaître complètement la correspondance entre les droites g et G, il suffit maintenant de chercher comment les congruences l et L sont associées, c'est-à-dire comment les couples de points b_1, b_2 et B_1, B_2 sont associés. Mais le rapport anharmonique des quatre points B_1, B_2, $B_1 + dB_1$,

$B_2 + dB_2$ est égal à $F(V)\,dV^2$, tandis que le rapport anharmonique des quatre points b_1, b_2, $b_1 + db_1$, $b_2 + db_2$ est égal à $f(v)\,dv^2$. La loi infinitésimale de corespondance exprime donc que les deux rapports anharmoniques considérés sont égaux.

4. Nous venons de voir que tous les complexes Γ sont applicables les uns sur les autres. Ces complexes dépendent d'une fonction arbitraire $F(V)$ d'un seul argument.

Lorsque cette fonction se réduit à une constante, on obtient le complexe tétraédral harmonique.

Lorsqu'on a $F(V) = K/V^2$ on obtient un complexe tétraédral.

En faisant varier d'une manière continue la fonction $F(V)$ on réalise une déformation des complexes tétraédraux. Il s'agit de l'exemple le plus simple des déformations que peuvent subir tous les complexes engendrés par des congruences linéaires, déformations qui ont été signalées par M. Cartan [1].

Remarquons que l'application de deux complexes tétraédraux non harmoniques est réalisée par une loi simple de correspondance entre les couples de directrices des congruences linéaires génératrices

$$V^{\pm\sqrt{K}} = \sigma v^{\sqrt{k}}.$$

5. Comme le complexe tétraédral harmonique est applicable sur le complexe linéaire [2], les complexes considérés Γ sont tous applicables sur le complexe linéaire, décomposé en congruences linéaires suivant le procédé de Sylvester.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur les ordres de séparabilité dans les espaces abstraits.* Note [3] de M. **Antoine Appert**, présentée par M. Émile Borel.

I. M. Haratomi dans un Mémoire récent [*Über höherstufige Separabilität und Kompaktheit* (*Japanese Journal of Math.*, 8, 1931, p. 113-141)] a généralisé les notions d'ensembles séparables et compacts dues à M. Fréchet en introduisant dans les espaces distanciés des ensembles qu'il appelle *$\aleph_\alpha$-separabel* et *$\aleph_\alpha$-kompakt*. Je reprends ici la question en partant de définitions différentes et en me plaçant dans le cas beaucoup plus général des

---

(1) *C. R. du Congrès international de Strasbourg*, 1921, p. 397-406.

(2) Paul Mentré, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 88.

(3) Séance du 3 avril 1933.

espaces ($\mathcal{V}$), espaces où les voisinages ne sont soumis à aucune condition.

De même que M. Fréchet (*Les espaces abstraits*, Paris, Gauthier-Villars, 1928, p. 190) a été amené à distinguer, dès qu'on s'élève à des espaces abstraits suffisamment généraux, entre les ensembles parfaitement séparables et les ensembles séparables (ensembles qui coïncident dans un espace distancié), de même j'ai dû introduire dans les espaces ($\mathcal{V}$) diverses notions de séparabilité d'ordre $\aleph_\alpha$.

II. Je renvoie à ma Note des *Comptes rendus* de juin 1932 (194, p. 2277) pour la définition des espaces ($\mathcal{V}$) et pour la terminologie adoptée. Les définitions et théorèmes que je vais énoncer s'appliqueront, sauf mention expresse du contraire, aux ensembles appartenant à un espace ($\mathcal{V}$) quelconque. J'adopte les définitions suivantes, $\aleph_\alpha$ étant un nombre cardinal transfini arbitraire.

Un ensemble E est $\aleph_\alpha$-*parfaitement séparable* si l'on peut, sans altérer l'opération de dérivation dans l'espace ($\mathcal{V}$) considéré, adopter pour les différents points x de E des voisinages appartenant à une même famille d'ensembles, cette famille, indépendante de x, ayant une puissance $\leqq \aleph_\alpha$.

Un ensemble E est d'*ordre* ξ si $\aleph_\xi$ est le plus petit nombre cardinal transfini tel que E soit $\aleph_\xi$-parfaitement séparable. Alors chaque ensemble appartenant à un espace ($\mathcal{V}$) est d'un ordre bien déterminé. De plus, chaque partie d'un ensemble d'ordre ξ est au plus d'ordre ξ.

J'adopte aussi les définitions suivantes qui permettent d'exprimer des propriétés intéressantes et utiles des ensembles $\aleph_\alpha$-parfaitement séparables.

Un ensemble E est $\aleph_\alpha$-*séparable* s'il existe un ensemble N de puissance $\leqq \aleph_\alpha$ tel que $N \subset E \subset N + N'$.

Un ensemble E possède la *propriété lindelöfienne d'ordre* $\aleph_\alpha$ si chaque famille d'ensembles couvrant E contient une sous-famille de puissance $\leqq \aleph_\alpha$ et couvrant E. (Je dis qu'une famille d'ensembles *couvre* E si chaque point de E est intérieur à un ensemble de cette famille.)

Un ensemble E est $\aleph_\alpha$-*condensé en soi* si, pour chaque ensemble e de puissance $\aleph_{\alpha+1}$ et appartenant à E, il existe au moins un point de E qui soit point d'accumulation hypermaximée de e. Un ensemble de puissance $< \aleph_{\alpha+1}$ est toujours considéré comme $\aleph_\alpha$-condensé en soi. Pour la définition des points d'accumulation hypermaximée je renvoie à ma Note des *Comptes rendus* citée plus haut.

Les ensembles $\aleph_\alpha$-condensés en soi généralisent les ensembles « condensés en soi » introduits par M. Fréchet (*Ouvrage cité*, p. 174) et ils sont analogues aux ensembles « $\aleph_{\alpha+1}$-kompakt » de M. Haratomi.

Je dirai enfin qu'un point a est un $\aleph_\alpha$-*hyperpoint* d'un ensemble E si, pour tout ensemble I_a auquel a est intérieur, la partie commune à E et à l'intérieur de I_a a une puissance $\geqq \aleph_\alpha$.

III. Alors on a les théorèmes suivants :

1. *Tout ensemble $\aleph_\alpha$-parfaitement séparable est $\overline{\aleph}_\alpha$-séparable.*

2. *Tout ensemble $\aleph_\alpha$-parfaitement séparable possède la propriété lindelöfienne d'ordre $\aleph_\alpha$.*

3. *Tout ensemble possédant la propriété lindelöfienne d'ordre $\aleph_\alpha$ est $\aleph_\alpha$-condensé en soi.*

Mais les réciproques des théorèmes 1, 2, 3 ne sont même pas vraies dans tout espace accessible.

4. *Si un ensemble* E *est $\aleph_\xi$-parfaitement séparable, et en particulier si* E *est d'ordre ξ, alors l'ensemble* E *et chacun de ses sous-ensembles sont $\aleph_\alpha$-parfaitement séparables et donc $\aleph_\alpha$-condensés en soi pour chaque $\aleph_\alpha \geqq \aleph_\xi$.*

5. *Si un ensemble* E *est $\aleph_\alpha$-parfaitement séparable et de puissance $> \aleph_\alpha$, alors* E *est somme de deux ensembles sans élément commun, l'un* R *de puissance $\leqq \aleph_\alpha$, l'autre* N *de même puissance que* E *et tel que chaque point de* N *soit un $\aleph_{\alpha+1}$-hyperpoint de* N.

Les théorèmes précédents peuvent s'appliquer dans l'espace euclidien où tous les ensembles sont d'ordre o; ils fournissent alors pour $\alpha = 0$ des propriétés classiques. De plus, si l'*hypothèse du continu* $\aleph_1 = c$ (c étant la puissance du continu) n'était pas exacte, les théorèmes 4 et 5 fourniraient *dans l'espace euclidien* des propriétés différentes et ne rentrant pas les unes dans les autres pour chacun des $\aleph_\alpha < c$.

IV. Appelons ensemble *dense en soi* un ensemble appartenant à son dérivé; ensemble *parfait* un ensemble identique à son dérivé; ensemble *clairsemé* un ensemble ne contenant aucun ensemble dense en soi $\neq 0$. Alors, en vertu de 5, *tout ensemble clairsemé d'ordre ξ est de puissance $\leqq \aleph_\xi$.*

Rappelons alors les deux théorèmes suivants dus à M. Fréchet dans un espace ($\mathcal{V}$) (*Ouvrage cité*, p. 227).

Tout ensemble E est somme de deux ensembles sans élément commun l'un dense en soi, l'autre clairsemé (l'un ou l'autre pouvant être vide).

Tout ensemble E fermé est somme de deux ensembles sans élément commun, l'un parfait, l'autre clairsemé (l'un ou l'autre pouvant être vide).

Si ξ est l'ordre de l'ensemble E, *les parties clairsemées des deux décompositions précédentes sont de puissance $\leqq \aleph_\xi$.* Dans l'espace euclidien on a $\xi = 0$ et l'on retrouve le théorème classique de Cantor-Bendixson.

V. Enfin, *si un ensemble* E *est d'ordre ξ, la famille des sous-ensembles soit*

ouverts, soit fermés de E *est de puissance* $\leqq 2^{\aleph_\xi}$. En particulier, si tout ensemble réduit à un seul élément a un dérivé vide, l'ensemble E lui-même est de puissance $\leqq 2^{\aleph_\xi}$.

VI. *Dans les espaces distanciés* tels que les a définis M. Fréchet (*Ouvrage cité*, p. 61) *il y a identité entre un ensemble* $\aleph_\alpha$*-parfaitement séparable, un ensemble* $\aleph_\alpha$*-séparable, un ensemble possédant la propriété lindelöfienne d'ordre* $\aleph_\alpha$ *et un ensemble* $\aleph_\alpha$*-condensé en soi*. Ces identités sont plus simples que certaines identités analogues obtenues à partir de définitions différentes par M. Haratomi (*Mémoire cité*, p. 120 et 127).

THÉORIE DES GROUPES. — *Groupes monoboliques et fonctions presque périodiques*. Note (¹) de M. **D. van Dantzig**, présentée par M. Élie Cartan.

J'appellerai *monobolique* un groupe topologique (²) $\mathfrak{G}$ lorsqu'il peut être obtenu en complétant un groupe qui est image homoméomorphe, c'est-à-dire univoque, continue et homomorphe (= isomorphe holoédrique ou hémiédrique) du groupe additif des nombres réels $\mathfrak{R}$. Dans une Note antérieure (³) j'ai étudié une classe spéciale de groupes monoboliques, les *solénoïdes*. Dans la Note présente j'énoncerai quelques théorèmes qui permettent de classer tous les groupes monoboliques *compacts* et dont je donnerai les démonstrations élaborées d'autre part.

Un groupe monobolique est toujours abélien, donc métrisable (⁴). La fonction de métrisation $\varphi(x)$ de la variable réelle x est continue et satisfait aux conditions

$$(C) \qquad \varphi(0)=0; \qquad \varphi(x)\geqq 0; \qquad \varphi(x+y)\leqq\varphi(x)+\varphi(y).$$

Elle peut s'annuler, ou bien partout (cas que nous exclurons), ou bien sur un sous-groupe discret $\neq(0)$ de $\mathfrak{R}$ (alors $\mathfrak{G}$ est isoméomorphe au groupe $\mathfrak{R}$ des rotations d'un cercle) ou bien dans 0 seulement, cas qui nous intéressera particulièrement.

(¹) Séance du 27 mars 1933.

(²) Voir, pour les définitions générales concernant les groupes topologiques : D. van Dantzig, *Zur topologischen Algebra : I. Komplettierungstheorie* (*Math. Ann.*, 107, 1932, p. 587-626); je désignerai ce Mémoire par *Z. T. A.*, I.

(³) D. van Dantzig, *Ueber topologisch homogene Kontinua* (*Fund. Math.*, 14, 1930, p. 102-125; je désignerai cet article par *T. H. K.*).

(⁴) Voir *Z. T. A.*, I, p. 615-617.

Théorème 1. — *Le groupe $\mathfrak{G}$ est compact si et seulement si $\varphi(x)$ est presque périodique.*

Soit $T_\varepsilon(\varphi)$ l'ensemble des « presque périodes » τ pour lesquelles

$$|\varphi(x+\tau)-\varphi(x)|<\varepsilon,$$

et soit $\mathfrak{M}=\mathfrak{M}(\varphi)$ le module engendré par les « exposants » Λ_ν de φ. Les groupes monoboliques $\mathfrak{G}$ et $\mathfrak{H}$ définis au moyen de deux fonctions presque périodiques $\varphi(x)$ et $\psi(x)$ sont isoméomorphes si et seulement si pour chaque $\varepsilon>0$ il existe un $\delta>0$ et un nombre réel k, indépendant de ε, tel que $T_\delta(\psi)\subset kT_\varepsilon(\varphi)$ et $kT_\delta(\varphi)\subset T_\varepsilon(\Psi)$. (Équivalence des systèmes de voisinage au sens de Fréchet-Hausdorff). Donc d'un théorème de M. Bohr(¹) il suit :

Théorème 2. — *Les groupes monoboliques compacts $\mathfrak{G}$ et $\mathfrak{H}$ sont isoméomorphes si et seulement s'il existe un automéomorphisme $x\to kx$ de $\mathfrak{U}$ en soi, qui amène $\mathfrak{M}(\varphi)$ en $\mathfrak{M}(\psi)$.*

Rappelons deux cas spéciaux des groupes solénoïdaux b_ν-adiques : 1° $b_\nu=n^\nu$, cas des solénoïdes n-adiques qui ont été étudiés dans mon mémoire THK ; (2°) $b_\nu=b_n$ pour $\nu\geq n$, cas d'un groupe isoméomorphe avec $\mathfrak{R}$ (solénoïde monadique). Quant à (2), on peut se limiter au cas $b_\nu=1$ (²). Soient $(\lambda_1,\lambda_2,\ldots)$ une base indépendante pour $\mathfrak{M}$, $\lambda=\lambda_n$, $c_\nu d_\nu^{-1}\lambda$ ceux des exposants Λ_ν qui ne diffèrent de λ que par un facteur *rationnel*. Supposons $(c_\nu, d_\nu)=1$, et soit $(c_1, c_2, \ldots)=c$. En remplaçant λ par $c\lambda$ on peut se limiter au cas $c=1$. Alors le sous-module de $\mathfrak{M}$ engendré par les $c_\nu d_\nu^{-1}\lambda$ peut être obtenu aussi bien par les $b_\nu^{-1}\lambda$, où $b_\nu=[d_1,\ldots,d_\nu]$. Lorsqu'il n'y a qu'un nombre fini de b_ν, par exemple $b_1,\ldots,b_n$, on peut sans restriction omettre $b_1,\ldots,b_{n-1}$, remplacer λ par $b_n^{-1}\lambda$ et poser $b_\nu=1$. En tout cas on a $b_{\nu+1}\equiv 0(b_\nu)$. Puisque *chaque* fonction presque périodique satis-

---

(¹) Voir, par exemple, H. Bohr, *Zur Theorie der fastperiodischen Funktionen*, II (*Acta math.*, 46, 1925, p. 101-213). Voir aussi S. Bochner, *Beiträge zur Theorie der fastperiodischen Funktionen*, I (*Math. Ann.*, 96, 1926, p. 119-147), et H. Bohr, *Ueber fastperiodische ebene Bewegungen* (*Commentarii math. Helvetici*, 4, 1932, p. 51-64, Satz D). Un cas spécial, savoir

$$\mathfrak{M}(\varphi)=(\lambda, n^{-1}\lambda, n^{-2}\lambda, \ldots), \qquad \mathfrak{M}(\psi)=(\mu, m^{-1}\mu, m^{-2}\mu, \ldots)$$

se trouve dans mon Mémoire *T. H. K.*

(²) Des groupes (non complétés) obtenus de $\mathfrak{R}$ au moyen de fonctions presque périodiques ont été introduits (abstraction faite du cas spécial des solénoïdes) par H. Schwerdtfeger, *Fastzyklische Gruppen* (*Nachr. Göttingen*, 1931, p. 43-48).

faisant aux conditions C et ayant le module désiré définit le même groupe $\mathfrak{G}$, on a le

THÉORÈME 3. — *Chaque groupe monobolique compact peut être obtenu* [1] *au moyen d'une fonction de la forme*

$$\varphi(x)=\sum_{\nu=0}^{\infty} 2^{-\nu} \sum_{i=0}^{\infty} 2^{-i} |\sin(b_{i,\nu}^{-1} \lambda_\nu x)|,$$

où $b_{i,\nu+1} \equiv o(b_{i,\nu})$.

Enfin on a le

THÉORÈME 4. — *Chaque groupe monobolique compact est le produit direct d'un nombre fini ou d'une infinité dénombrable de sous-groupes* $\mathfrak{G}_i$, *où* $\mathfrak{G}_i$ *est un groupe solénoïdal* b_ν*-adique* [2].

D'où suit le

THÉORÈME 5. — *Le nombre (fini ou infini) de dimensions de* $\mathfrak{G}$ *est égal au nombre d'éléments indépendants d'une base de* $\mathfrak{M}(\varphi)$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la méthode de sommation de M. Édouard Le Roy.* Note de M. **Juan-Carlos Vignaux**, présentée par M. Émile Borel.

M. Le Roy [3] a proposé une généralisation de la méthode de sommation des séries divergentes de M. Borel [4]. Dans la présente Note, je me propose de développer la théorie du produit de deux séries sommables avec ledit procédé.

Étant donnée la série (1) de terme général u_n, si la série de puissances

$$(2) \qquad U_p(x)=\sum_{n=0}^{\infty} u_n \frac{x^{np}}{(np)!},$$

où x est variable réelle et p un entier positif, est une transcendante entière, ou si elle définit une fonction analytique régulière pour $x \geqq 0$, nous dirons que $U_p(x)$ est la *fonction associée d'ordre p* de la série (1).

La série donnée est *sommable avec la méthode de Le Roy d'ordre p*, ou

---

(1) Il me semble vraisemblable que *chaque* fonction presque périodique satisfaisant aux conditions C ait un développement de la forme $\varphi(x) \sim \Sigma A_\nu |\sin \Lambda_\nu x|$, $A_\nu > 0$.

(2) Un théorème analogue concernant les groupes monothétiques au lieu de monoboliques a été démontré par M. Claude Chevalley (Mémoire inédit).

(3) *Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 2, 1902, p. 217.

(4) E. Borel, *Leçons sur les séries divergentes* (Gauthier-Villars, Paris, 1928).

sommable (L, p) ou encore *convergente* (L, p) *avec somme* S, si l'intégrale

$$\int_0^\infty e^{-x} U_p(x)\, dx$$

est convergente avec la valeur S. Pour $p = 1$, nous avons la méthode de M. Borel. Si l'intégrale

$$\int_0^\infty e^{-x} |U_p(x)|\, dx$$

converge, nous dirons que la série (1) est *absolument convergente* ou *convergente* $|L, t|$.

La série proposée est *sommable totalement d'ordre n sommable* (L_t, p), si toutes les intégrales

$$\int_0^\infty e^{-x} U_p^{(mp)}(x)\, dx \qquad (m = 0, 1, 2, \ldots)$$

sont convergentes; et elle est *absolument sommable* ou *d'ordre p*, ou *sommable* $|L_t, p|$ si les intégrales

$$\int_0^\infty e^{-x} |U_p^{(mp)}(x)|\, dx \qquad (m = 0, 1, 2, \ldots)$$

convergent.

On a le théorème suivant :

Si la série (1) *est sommable* (L, p) *la série*

$$(2) \qquad 0 + u_0 + u_1 + u_2 + \ldots$$

sera sommable (L, p) *avec la même somme.*

La réciproque ne s'accomplit pas nécessairement. La directe et la réciproque de ce théorème s'accomplit pourtant lorsque la série (1) est sommable (L_t, p) ou sommablé $|L_t, p|$.

Lemme fondamental. — *Si* $U_p(x)$ *et* $V_p(x)$ *sont les fonctions associées d'ordre p des séries* Σu_n *et* Σv_n *respectivement, la fonction associée d'ordre p de la série*

$$0 + w_0 + w_1 + w_2 + \ldots \qquad (w_n = u_0 v_n + \ldots + u_n v_0)$$

est définie par l'intégrale

$$H_p(x) = \int_0^x U_p(t)\, V_p(x-t)\, dt.$$

Lemme II. — *Si la série* Σu_n *est convergente* (L, p) *et la série* Σv_n *est con-*

vergente $|L, p|$ *avec somme* u *et* v *respectivement, la série*

$$o = w_0 + w_1 + w_2 + \ldots \qquad (w_n = u_0 v_n + \ldots + u_n v_0)$$

est convergente (L, p), *avec somme* uv.

2. Je démontre alors les théorèmes suivants :

I. *Si deux séries sont sommables* $|L_t\, p|$, *avec somme* u *et* v *respectivement, la série-produit* (Cauchy) *sera sommable* $|L_t, p|$ *avec la somme* uv.

Pour $p = 1$, on a le théorème de M. Borel [1].

II. *Si la série* (1) *est sommable* (L_t, p) *avec la somme* u, *et la série* (2) *soit sommable* $|L_t, p|$ *avec la somme* v, *alors la série-produit* (3) *sera sommable* (L_t, p) *avec la somme* uv.

Pour $p = 1$, l'on aura un théorème de M. Hardy [2].

III. *Si les séries* (1), (2) *et* (3) *sont sommables* (L, p) *avec somme* u, v *et* w *respectivement, on a* $w = uv$. Si $p = 1$, on a le théorème de M. Hardy [2] analogue à celui de Abel.

IV. *Si les séries* (1) *et* (2) *sont sommables* (L, p) *avec somme* u *et* v *et* $u_n = o(1/n)$, $v_n = o(1/n)$, *la série* (3) *est sommable* (L_t, p), *avec somme* uv.

V. *Si les séries* (1) *et* (2) *sont sommables* (L, p) *avec somme* u *et* v *et* $u_n = O(1/n)$, $v_n = O(1/n)$, *la série* (3) *est sommable* (L_t, p) *avec somme* uv.

VI. *Si la série* (1) *est convergente* (L, p) *et la série* (2) *convergente* $|L, p|$ *avec somme* u *et* v *respectivement et que* $u_n = o(1)$, *la série-produit* (3) *est convergente* (L, p) *avec somme* uv.

VII. *Si la série* (1) *est convergente* (L, p) *et la* (2) *convergente* $|L, p|$ *avec somme* u *et* v *respectivement* et $u_n = o(1)$, $v_n = o(1)$, *la série* (3) *est sommable* (L_t, p) *et sa somme vaut* uv.

L'hypothèse $u_n = o(1)$ et $v_n = o(1)$ peut se remplacer par $u_n = o(1/n)$, $v_n = o(1/n)$ ou encore par les suivantes $u_n = O(1/n)$, $v_n = O(1/n)$ et les théorèmes VI et VII subsistent.

---

(1) E. Borel, *Leçons...*, p. 103.

(2) G. Hardy, *The Quarterly Journal of Mathematics*, 35, 1903, p. 22-66.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Expression approchée du polynome de Laguerre* $L_n^{(\alpha)}(x)$. Note de M. **E. Kogbetliantz**, présentée par M. É. Borel.

La formule approchée bien connue

$$(1)\qquad L_n^{(\alpha)}(x)=\pi^{-\frac{1}{2}}x^{-\frac{\alpha}{2}-\frac{1}{4}}e^{\frac{x}{2}}n^{\frac{\alpha}{2}-\frac{1}{4}}\left\{\cos\left(2\sqrt{nx}-\frac{\alpha\pi}{2}-\frac{\pi}{4}\right)+O\left(\frac{1}{\sqrt{n}}\right)\right\},$$

démontrée par M. L. Fejér en 1909 pour les valeurs de x appartenant à un intervalle *fini*, $0<a\leq x\leq b$, a été étendue en 1925 par M. Szegö à l'intervalle $n^{\varepsilon-1}<x<n^{\frac{1}{3}-\eta}$, ε et η étant deux nombres positifs aussi petits qu'on veut mais fixes et le reste étant de la forme $O\left(n^{-\frac{1}{2}}x^{\frac{5}{4}}\right)$ au lieu de $O\left(n^{-\frac{1}{2}}\right)$. Or, l'intervalle des racines de l'équation

$$(2)\qquad L_n^{(\alpha)}(x)=0$$

s'étend jusqu'à $x\sim 4n$, la plus grande racine x_n de cette équation étant supérieure à $2(2n+\alpha+1)-3(2\pi)^{\frac{2}{3}}n^{\frac{1}{3}}+\ldots$ et inférieure à $2(2n+\alpha+1)$

Cette circonstance justifie à elle seule la recherche d'une formule approchée pour $L_n^{(\alpha)}(x)$ valable dans un intervalle comprenant toutes les racines de (2). Dans les cas particuliers $|\alpha|=1/2$ (polynome d'Hermite) on connaît bien les beaux résultats dus à MM. M. Plancherel et W. Rotach ([1]). On trouve les résultats analogues dans le cas général (α quelconque), en appliquant la méthode du col à l'intégrale

$$\frac{1}{2\pi i}\int_{(C)}e^{-z}.z^{n+\alpha}.(z-x)^{-(n+1)}.dz=e^{-x}.x^{\alpha}.L_n^{(\alpha)}(x).$$

Pour x réel et positif les deux cols sont complexes et conjugués tant que l'on a

$$(\sqrt{n+\alpha}-\sqrt{n+1})^2=x_1<x<x_2=(\sqrt{n+\alpha}+\sqrt{n+1})^2,$$

c'est-à-dire

$$(3)\qquad \frac{(\alpha-1)^2}{4n}\left[1+O\left(\frac{1}{n}\right)\right]<x<2(2n+\alpha+1)-\frac{(\alpha-1)^2}{4n}\left[1+O\left(\frac{1}{n}\right)\right],$$

([1]) *Commentarii Math. Helvetici*, 1, 1929, p. 227-254.

l'intervalle (3) comprenant toutes les racines de (2). Pour x vérifiant (3) on trouve, en posant

$$\Omega_n(x) = \left(n + \frac{1}{2}\right)\chi_0 + \eta_0 - \alpha\theta_0 - \frac{\pi}{4} :$$

$$L_n^{(\alpha)}(x) = \pi^{-\frac{1}{2}} x^{-\frac{\alpha}{2}} . e^{\frac{x}{2}} . n^{\frac{\alpha}{2}} . (n \sin\chi_0)^{-\frac{1}{2}} \left\{ \cos[\Omega_n(x)] + O\left[(n \sin\chi_0)^{-\frac{1}{2}}\right] \right\},$$

où $r_0 = \sqrt{x(n+\alpha)}$, θ_0 sont les coordonnées polaires du col z_0, ayant son ordonnée

$$\eta_0 = r_0 \sin\theta_0 = \sqrt{(n+\alpha)(n+1)} . \sin\chi_0$$

positive ($\eta_0 > 0$). Dans le triangle formé par l'origine, le col z_0 et le point $z = x$, l'angle χ_0 est opposé au côté x et l'on a

$$2 \sin\chi_0 . \sqrt{(n+\alpha)(n+1)} = \sqrt{(x_2 - x)(x - x_1)}.$$

La formule obtenue n'est utile que si $n \sin\chi_0 \to \infty$ avec $n \to \infty$, ce qui a lieu aussi quand x tend vers x_1 ou vers x_2 pourvu que l'on ait

$$(x - x_1)^{-1} = o(n) \quad \text{ou} \quad (x_2 - x)^{-1} = o(n),$$

condition vérifiée par la plus petite et par la plus grande racine de (2). Pour $x = O(\sqrt[3]{n})$ on retrouve les formules de Fejér et de Szegö, le reste étant de la forme $O[(nx)^{-1/4}]$.

Il serait très intéressant d'augmenter le degré de précision de la formule approchée obtenue et de déterminer les termes qui suivent celui principal $\cos\Omega_n$. On l'obtiendrait facilement par les méthodes développées dans le travail cité de MM. M. Plancherel et W. Rotach, ainsi que l'extension aux cas $x \leqq x_1$ et $x \geqq x_2$.

HYDRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Sur les tourbillons alternés annulaires coaxiaux et sur quelques phénomènes d'asymétrie relatifs à la rotation d'un cylindre dans un fluide visqueux.* Note [1] de MM. **Michel Luntz** et **Paul Schwarz**, présentée par M. Henri Villat.

On sait que lorsqu'un champ de forces appliqué à un fluide visqueux décroît suivant sa direction, les mouvements irrotationnels peuvent devenir instables et donner lieu à des configurations tourbillonnaires régulières [2].

---

[1] Séance du 3 avril 1933.
[2] Lord Rayleigh, *Phil. Mag.*, 32, 1916, p. 529-546.

Il est remarquable qu'une excitation continue et symétrique est capable de produire des phénomènes périodiques et asymétriques ([1]). Dans le cas de la translation d'un obstacle, on obtient les tourbillons alternés ([2]). Lorsqu'un liquide est contenu entre deux cylindres coaxiaux tournants, on a les tourbillons de Taylor ([3]). L'écoulement d'un liquide en couche mince avec flux de chaleur normal à son plan donne lieu aux tourbillons en bandes ([4]).

Nous avons produit des phénomènes appartenant à la même catégorie,

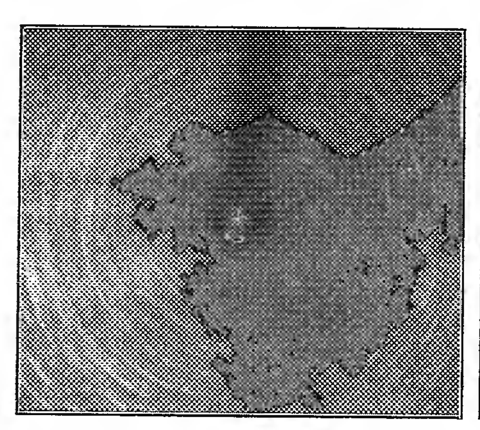


Fig. 1.

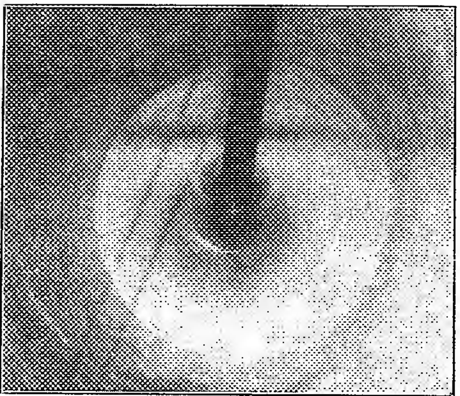


Fig. 2.

en faisant tourner un cylindre dans un liquide visqueux ayant une surface libre ([5]). Le fond de la cuve contenant le liquide était horizontal et réglable en hauteur. En faisant varier la vitesse de rotation du cylindre, la viscosité et la profondeur du liquide, nous avons prouvé l'existence de plusieurs régimes du mouvement.

1° Pour les faibles vitesses, petites profondeurs et grandes viscosités, le régime est laminaire : les trajectoires sont parfaitement circulaires (*fig.* 1).

2° Quand le nombre de Reynolds augmente, on constate la formation de tores tourbillonnaires coaxiaux, situés dans des plans horizontaux voisins. Ce fait se traduit sur la surface par des trajectoires en spirales. Les spirales sont centripètes au voisinage du cylindre. La figure 2 nous montre qu'elles

---

([1]) F.-J. BOURRIÈRES, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 49-51.

([2]) H. BÉNARD, *Comptes rendus*, **147**, 1908, p. 839.

([3]) G. I. TAYLOR, *Phil. Trans.*, série A, **223**, 1923, p. 289-343.

([4]) H. BÉNARD, *Revue gén. des Sciences*, **11**, 1900, p. 1268-1269; *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 1257.

([5]) M. LUNTZ et P. SCHWARZ, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 894.

ont une enveloppe circulaire. Ce cercle délimite le premier tore tourbillonnaire. Au-delà de ce cercle les trajectoires redeviennent spirales, mais centrifuges. Ces trajectoires centrifuges ont à l'extérieur une nouvelle enveloppe circulaire qui délimite le second tore tourbillonnaire, dont le sens de rotation est l'inverse du premier. On a pu observer 3 tores tourbillonnaires alternés. C'est un phénomène analogue aux tores tourbillonnaires de Taylor.

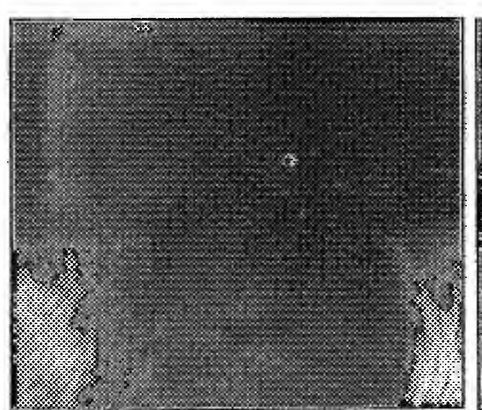


Fig. 3.

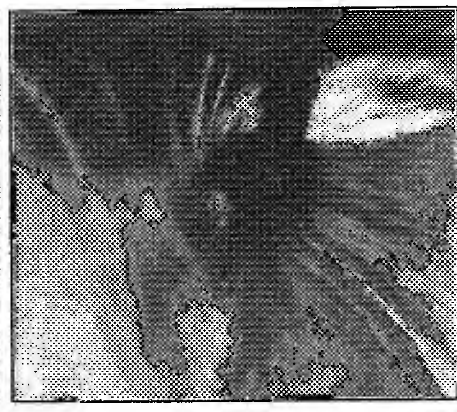


Fig. 4.

3° Lorsque le nombre de Reynolds augmente encore, il arrive un moment où le phénomène cesse d'être stationnaire. Les diamètres des tores augmentent et de nouveaux tores se forment périodiquement au contact du cylindre. Ce phénomène pulsatoire est en tout point analogue au détachement des tourbillons alternés.

4° Pour des nombres de Reynolds encore plus élevés, l'allure des phénomènes change de nouveau, la symétrie circulaire disparaît. Les parties fluides ayant acquis une grande vitesse radiale dépassent le cylindre avant d'être englouties au centre. Les trajectoires spirales se prolongent au delà du cylindre par une boucle ovale (*fig.* 3). Le centre tourbillonnaire ne se trouve plus dans l'axe du cylindre, mais tourne autour de celui-ci d'un mouvement lent. En même temps il se forme un nouveau centre tourbillonnaire à axe vertical et de signe opposé à la rotation du cylindre.

5° Enfin lorsque la vitesse augmente encore, tout caractére circulaire disparaît; l'existence simultanée de vitesses centripètes et centrifuges produit à la surface des lignes de glissement (*fig.* 4).

6° Le régime qui suit est un régime turbulent.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Manographe optique à faible inertie.* Note (¹) de M. Max Serruys, transmise par M. J.-L. Breton.

Poursuivant, sous la direction du Service des Recherches de l'Aéronautique, une étude aprofondie de l'allure de la combustion et des régimes détonants dans les moteurs à explosion, je me suis rendu compte au cours de ce travail que les manographes actuellement existants (quoiqu'ils paraissent donner des diagrammes satisfaisants en axes pv et une valeur assez approchée de la pression moyenne indiquée) ne peuvent fournir des indications sûres et précises sur les variations de la pression pendant la période de combustion. Evitant d'appliquer le principe de l'analyse stroboscopique à un phénomène instable et non périodique, ou de faire appel à des dispositifs complexes et par suite peu sûrs, il s'est donc efforcé surtout de réaliser un appareil capable, d'une part de suivre sans inertie les variations rapides de pressions qui se produisent pendant *chaque* explosion, d'autre part de fournir un diagramme dont on puisse traduire avec précision et *certitude* les abscisses en angles de manivelle et les ordonnées en pressions.

Ce manographe qui présente une disposition générale analogue à celle des manographes optiques connus comporte en outre un certain nombre de particularités grâce auxquelles l'inertie peut être particulièrement réduite et la fidélité assurée.

L'échelle des abscisses (2^{mm} par degré de rotation du vilebrequin) permet le repérage d'un instant quelconque du cycle par rapport au point mort haut à moins de 0,5 degré près.

L'échelle des ordonnées, *linéaire et rigoureusement connue*, varie entre 1 et 4^{mm} par kg/cm^2 de pression. Elle est affectée d'une manière négligeable par l'inertie de l'appareil. Supposons en effet que pour un degré de rotation du vilebrequin et à 3000 t/min l'accroissement de pression passe de 0 à 4 kg/cm^2 par degré; la vitesse des organes mobiles qui y correspond passera de 0 à $4^{cm},5$ par seconde en $1/18000^e$ de seconde. La force d'inertie correspondante pour l'ensemble du système mobile est de $18000 \times 4,5 \times 0,5$ dyne, soit sensiblement 40^g. La correction à effectuer sur l'ordonnée indiquée par le diagramme ne sera donc que 40 g/cm^2, ce qui est inférieur aux erreurs de lecture.

(¹) Séance du 27 mars 1933.

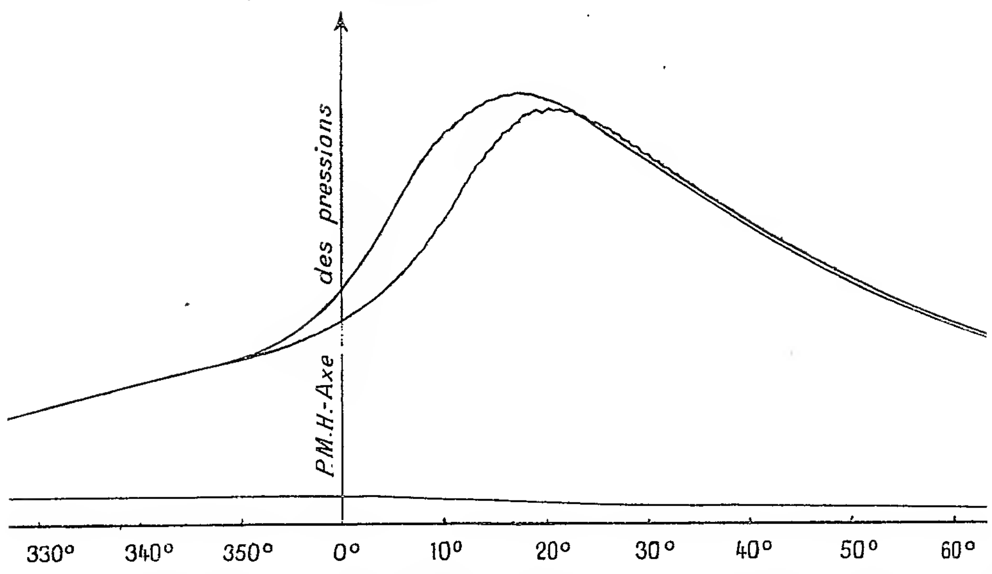


Fig. 1. — Portion de diagramme (réduite aux 2/3). Longueur totale du diagramme 72^{cm}.

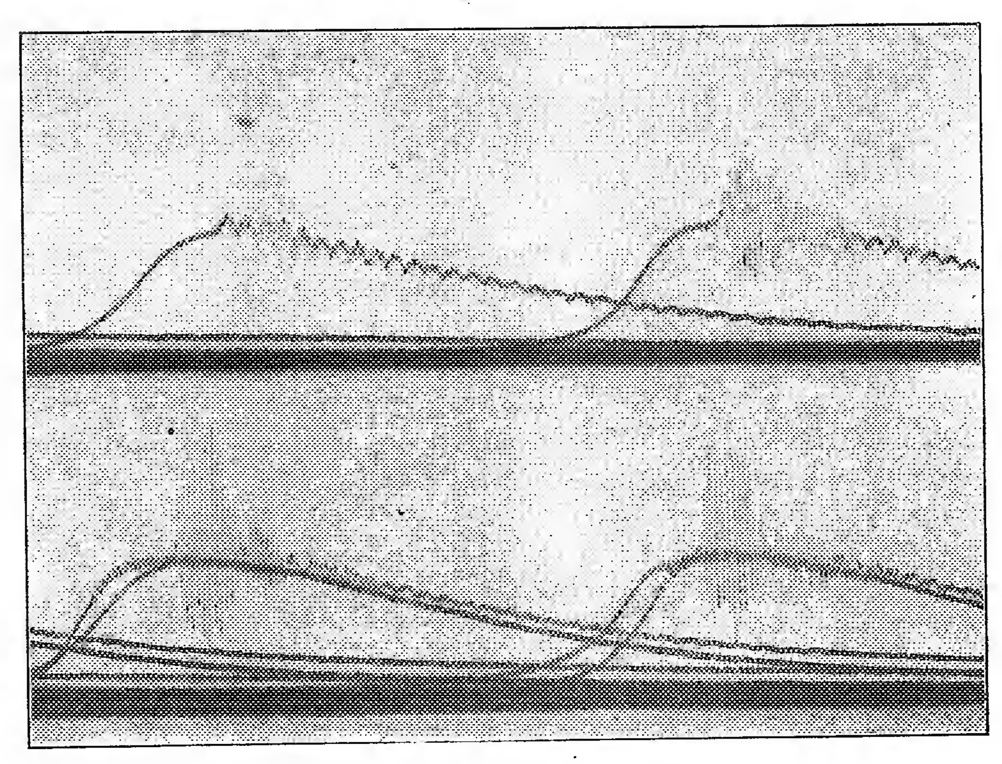


Fig. 2.

La précision de l'appareil et sa faible inertie telles qu'elles ressortent des calculs précédents sont confirmées par les résultats obtenus. On voit en effet sur le diagramme reproduit figure 1 que l'appareil suit fidèlement l'accélération puis le ralentissement de la combustion quoique celle-ci soit rendue très rapide par l'emploi d'une culasse à forte turbulence.

Sur la figure 2 on voit : en bas, deux diagrammes superposés correspondant l'un à une combustion turbulente, l'autre à une combustion détonante; en haut, une combustion également détonante. Dans ces diagrammes les irrégularités assez fortes qui se produisent à la fin de la combustion ont excité les vibrations de l'appareil qui était peu amorti, il en résulte un moyen de mesurer la fréquence de ces vibrations, qui est ici de 13000 *par seconde*.

A noter que ces diagrammes confirment nos conclusions de la Note du 5 décembre 1932, car on y remarque que la détonation apparaît à la fin de la combustion et met en jeu des pressions considérables. En outre on voit que la détonation se produit *après un ralentissement* de la combustion et ne semble pas se présenter comme un « emballement » de celle-ci, mais plutôt comme une discontinuité.

ASTRONOMIE. — *La formation des nébuleuses dans l'univers en expansion.* Note de M. G. **Lemaitre**, présentée par M. Ch. Fabry.

Nous nous proposons de développer les conséquences astronomiques des résultats mathématiques obtenus dans une Note précédente [1].

Dans l'équation (8), *loc. cit.*, nous supposerons m fonction de χ seulement et proportionnel à $\sin^3\chi$ en dehors de la condensation dont nous voulons étudier le développement. Cette équation admet trois types de solutions, suivant que les racines positives de son second membre sont réelles, confondues ou imaginaires; c'est-à-dire suivant que

$$\eta = \frac{3\mathrm{K}\sqrt{\lambda}}{c^2}\,\frac{m(\chi)}{\sin^3\chi} \tag{1}$$

est inférieur, égal ou supérieur à l'unité.

Nous supposerons que la fonction m est telle qu'il existe une valeur $\chi = \chi_0$ pour laquelle $\eta = 1$ et que $\eta < 1$ pour $\chi < \chi_0$ et $\eta > 1$ pour $\chi > \chi_0$.

(1) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 903.

Pour $\chi > \chi_0$, r varie de zéro à l'infini, et l'expansion de l'univers, au large de la condensation, est du type d'expansion illimitée. La sphère $\chi = \chi_0$, au contraire, ne pourra dépasser la distance où les deux forces antagonistes, la force de gravitation d'une part et la répulsion cosmique d'autre part, se font équilibre. r tendra asymptotiquement vers la valeur r_e définie par

$$r_e^3 = \frac{3\,\mathrm{K}\,m(\chi_0)}{c^2\lambda}. \tag{2}$$

Enfin la région intérieure $\chi < \chi_0$, après s'être dilatée quelque temps, retombera sur elle-même, et viendra former une condensation centrale dont nous ne chercherons pas à étudier l'équilibre final.

D'autre part, pour t suffisamment petit, nous pouvons calculer la densité moyenne $\bar{\rho}$ et trouvons

$$\bar{\rho} = \frac{m}{\frac{4}{3}\pi r^3} = \frac{4}{3\,\mathrm{K}\,t^2}\left[1 + \frac{3}{5}\left(\frac{3c^3}{4\mathrm{K}}\frac{\sin^3\chi}{m}t\right)^{\frac{2}{3}} + \ldots\right]. \tag{3}$$

Le terme principal de ce développement est indépendant de χ et la condensation ne se manifeste que par le terme suivant qui est un infini d'un ordre moins élevé.

Nous obtenons donc un cas typique d'instabilité que nous pouvons énoncer de la manière suivante :

Si le rayon d'un univers globalement homogène varie de zéro à l'infini suivant le type de mouvement d'expansion illimitée, la présence au début de l'expansion de condensations locales relativement faibles aura pour conséquence que, lorsque le rayon de l'univers dépassera la valeur d'équilibre, les régions de condensation ne suivront plus le mouvement général d'expansion et même retomberont sur elles-mêmes. Cette instabilité locale paraît fournir l'explication de la formation automatique des nébuleuses et des amas de nébuleuses, nonobstant la courte durée de l'évolution cosmique.

Cette explication de la formation des nébuleuses suppose essentiellement que les trois types de mouvement existent et donc :

1° que l'espace est fermé (χ réel);

2° que la constante cosmologique λ est positive et différente de zéro;

3° que la valeur actuelle du rayon de l'univers a largement dépassé le rayon d'équilibre.

Quoique nous l'ayons développée pour le cas où le rayon de l'univers

part de zéro, elle pourrait être adaptée à la solution préférée par Eddington, où l'univers commence par un univers statique en équilibre instable.

Comme les amas de nébuleuses ont un degré de condensation centrale modéré, il semble que l'on puisse les considérer comme des régions correspondant à la valeur $\chi = \chi_0$ et leur appliquer la formule (2).

Utilisant la valeur de λ déduite du rapport de Hubble entre la vitesse et la distance des nébuleuses, et une estimation de la masse d'une nébuleuse à 10^9 fois la masse du Soleil, on trouve que le rayon d'un amas de N nébuleuses doit être égal à $\sqrt[3]{N} \times 80000$ années de lumière.

Ce résultat est en bon accord avec les estimations de Hubble relatives à l'amas de *Virgo*.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur quelques changements récemment observés sur la planète Mars avec la lunette de* $0^m,83$ *de l'Observatoire de Meudon.* Note de M. **E.-M. Antoniadi**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Grâce à l'autorisation de M. Esclangon, j'ai pu observer la planète Mars pendant la période de visibilité actuelle avec la grande lunette de Meudon, armée de grossissements de 400, 540, 650 et 1100 diamètres.

Parmi les modifications les plus importantes survenues à la surface de la planète depuis les dernières oppositions, je dois signaler :

1° L'apparition d'une petite tache sombre, à peu près triangulaire, à quelque distance au nord de *Syrtis Major;*

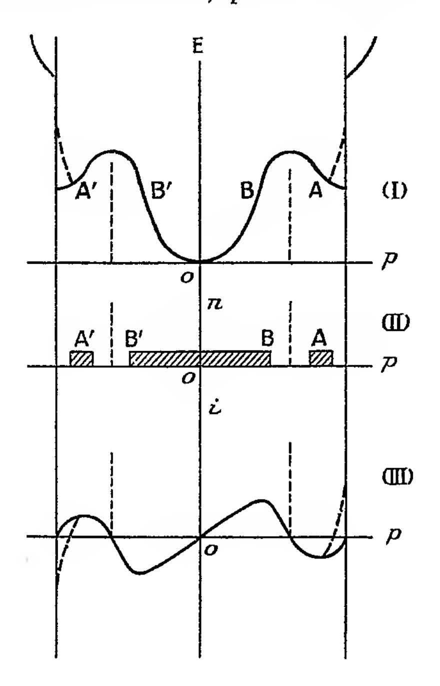
2° Le développement d'une bande sombre irrégulière sur *Baltia;*

3° La formation, sur *Æthiopis*, d'une large traînée marron, sinueuse, irrégulière et tachetée, dirigée, en s'amincissant, de l'embouchure du *Cyclops*, sur le *Mare Cimmerium*, vers le *Nodus Alcyonius*.

La tache neigeuse d'*Olympia* a été observée dernièrement bien séparée des neiges polaires boréales par un chenal noueux et sombre. C'est là un phénomène constant de la diminution estivale des neiges du pôle boréal et comparable à la séparation de *Novissima Thyle* pendant la diminution des neiges du pôle austral de la planète.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Comment interpréter la supraconductibilité ?* Note (¹) de M. **Léon Brillouin**, présentée par M. M. Brillouin.

Je voudrais indiquer ici un mécanisme simple, qui permet de comprendre la supraconductibilité et certains de ses caractères déconcertants. Les électrons, dans un réseau cristallin, présentent une relation assez com-



pliquée entre énergie et quantité de mouvement; l'énergie subit une discontinuité lorsque la quantité de mouvement p passe par certaines valeurs critiques (²) (en relation avec les possibilités de réflexions sélectives); en général, l'énergie est une fonction croissante de p; mais supposons que l'énergie E soit représentée en fonction de p par une courbe du type (I) de la figure, quelles en seront les conséquences?

Prenons la courbe I, avec les branches en trait interrompu; cette courbe présente un minimum absolu pour $p = 0$, et deux minima secondaires A, A'; à basse température, la répartition stable des électrons sera celle du

(¹) Séance du 3 avril 1933.

(²) L. Brillouin, *Journ. de Phys.*, 1, 1930, p. 377; *Statistiques quantiques*, Chap. VIII; *Quantenstatistik*, Springer, Berlin, 1931, p. 271-312.

schéma (II) : les électrons rempliront tout le bas de la courbe (région BOB′), et quelques-uns se placeront en A et A′. Le courant i est donné ([1]) par $\partial E/\partial p$, ce qui fournit la courbe (III); on voit aisément que la répartition (II), symétrique, donne un courant total nul.

Supposons maintenant réalisée une répartition un peu différente, avec des nombres d'électrons n_A et $n_{A'}$ inégaux ([2]); nous aurons un *courant résultant*, et cette répartition sera *métastable*. En effet, dans un réseau pur, les électrons ne peuvent changer de quantité de mouvement que par interaction avec les vibrations élastiques du réseau; et, à très basse température, les seules vibrations excitées sont celles de très basses fréquences, qui ne peuvent communiquer aux électrons que de très petites variations d'énergie et de quantité de mouvement ([3]). Ces interactions ne pourront donc pas faire passer l'électron de A en B, car il y a entre ces deux points un maximum d'énergie à franchir, ou bien il faut un saut d'une quantité de mouvement finie. Les transitions A → A′ (transitions anormales de Peierls) seraient possibles pour la courbe (I) en trait continu; elles sont impossibles pour la courbe (I) en trait interrompu, car le passage A → A′ comporte alors lui aussi un seuil d'énergie et une variation finie de quantité de mouvement.

Nous trouvons donc ainsi un état de *supraconductibilité*, qui disparaîtra à partir d'une certaine température, suivant une loi d'allure exponentielle : car les fréquences élevées de vibration réapparaissent si la température monte, et leur intensité croît à peu près exponentiellement. La différence entre les nombres n_A et $n_{A'}$ ne peut évidemment dépasser une certaine limite, d'où un *maximum de courant*. Sous l'action d'un champ électrique ou magnétique extérieur, les électrons pourront sauter de A en B, ou de A′ en B′, ou de A en A′. Mais il faudra pour cela que le champ dépasse un certain minimum (existence du *champ magnétique limite* détruisant la superconductibilité).

Un gradient de température provoquera une inégalité de répartition des électrons à l'intérieur de chaque région A, A′ ou BOB′, mais les causes thermiques ne pourront faire sauter les électrons de B en A ou de B′ en A′; *la conductibilité thermique ne présentera pas d'anomalie.*

([1]) R. Peierls, *Ergebnisse der Naturwissenschaften*, Springer, 1932, p. 274.

([2]) On pourra créer une telle répartition en faisant agir, sur le métal supraconducteur, un champ électrique assez fort pendant un certain temps.

([3]) Cf. par exemple L. Brillouin, *Statistiques quantiques*, Chap. VIII.

Ces divers arguments me paraissent assez frappants. Reste à savoir dans quelles conditions on peut trouver une courbe d'énergie du type (I). C'est pratiquement impossible pour les réseaux cubiques simples; peu probable pour les réseaux cubiques centrés ; pour les réseaux cubiques à faces centrées, on peut trouver dans certaines directions une courbe (I) (trait plein) si les électrons de valence sont presque liés. Or les supraconducteurs sont justement des réseaux où les atomes sont relativement écartés [1], de sorte que l'hypothèse d'électrons presque liés est raisonnable.

La correction représentée par la courbe en trait interrompu serait due à un mécanisme très spécial du champ self-consistant.

MÉTROLOGIE. — *Élimination de l'erreur de parallaxe dans les thermomètres de précision*. Note de M. **A. Pérard**, présentée par M. Ch. Fabry.

Par suite de la nécessité de rattacher la correction de calibrage à des points immuables de la tige, la plupart des thermomètres de précision comportent une graduation gravée directement sur celle-ci. Au cours de l'étude d'un thermomètre, l'erreur de parallaxe sur la position de l'extrémité de la colonne mercurielle s'élimine, pour le mieux, en faisant pivoter le thermomètre d'un demi-tour sur lui-même sans aucun déplacement longitudinal; on prend la moyenne des lectures obtenues dans les deux positions, division derrière et division devant. Mais, dans l'utilisation pratique de ces thermomètres, le retournement est presque toujours impossible; et il en résulte des erreurs qui, si l'on n'y prend garde, peuvent atteindre le tiers d'une division, non seulement si la lecture est faite à l'œil nu ou à la loupe, mais même si l'on se sert d'une lunette réglée, pour peu que le ménisque ne soit pas rigoureusement centré dans le champ, ou que l'œil de l'observateur s'écarte du centre de l'anneau oculaire.

Pour éviter ces difficultés et erreurs, il m'a semblé très simple de doubler la graduation du thermomètre, suivant deux génératrices diamétralement opposées de la tige. La position d'un degré quelconque est définie par le point où le plan qui contient les traits correspondants dans les deux échelles coupe l'axe du tube. Pour faire une lecture exacte, sans crainte de parallaxe, il suffit de placer l'œil de façon que les deux traits de

---

[1] K. Onnes, *Rapport au IVe Congrès Solvay de* 1924, p. 275-281 (Gauthier-Villars, Paris, 1927).

la même échelle encadrant l'extrémité de la colonne mercurielle se projettent exactement sur leurs homologues de l'échelle opposée. L'exactitude de la coïncidence est facilitée par le fait que la lentille cylindrique que constitue la tige du thermomètre allonge les traits de l'échelle arrière, de sorte que ceux-ci débordent (dans l'air largement et dans l'eau faiblement), de part et d'autre ceux de l'échelle avant, pour des longueurs de traits égales. Si l'on se sert d'une lunette, peu importe que celle-ci soit normale à la tige, il suffit encore que le recouvrement, ci-dessus indiqué, ait lieu de part et d'autre de l'extrémité de la colonne. Ainsi, le retournement n'étant plus nécessaire, devient-il possible d'émailler les thermomètres de précision; ce qui en rend la lecture beaucoup plus aisée.

Ce dispositif, qui dérive d'ailleurs du même principe que les deux fenêtres depuis longtemps employées à la lecture des baromètres, est d'ailleurs applicable dans tout appareil où il s'agit de déterminer exactement la position d'un liquide dans un tube gradué.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Mouvement des gouttes liquides sur les cristaux en croissance.* Note de M. **Lew Kowarski**, transmise par M. J. Perrin.

Les cristaux sont obtenus par sublimation de la paratoluidine dans une chambre chauffée électriquement en bas et refroidie en haut par une masse d'eau froide. La substance se condense sur le tranchant d'une lame de rasoir sous forme de feuillets cristallins très minces, présentant des couleurs d'interférence [1]. Ces feuillets forment des chaînes dont le premier membre est attaché directement à la lame et chaque chaînon suivant est attaché au précédent par une faible portion de sa périphérie (« point d'attache »). Dans certaines conditions chaque individu se subdivise en plages d'épaisseur différente, séparées par des frontières rectilignes ou de faible courbure.

La différence de températures entre le bas de l'appareil (vaporisation) et le haut (condensation) est de 10° environ. L'atmosphère autour de la lame est donc sursaturée; le degré de sursaturation dépend en premier lieu de la température en bas. En réglant cette température, on peut modifier le processus de condensation. A $t_{bas} = 40°$ et au-dessous, on n'observe que la

---

(1) A. Marcelin et S. Boudin, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1496, et 191, 1930, p. 31; L. Kowarski, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2126.

croissance de la phase solide. Entre 40° et 50° (au delà de $t_{bas} = 50°$ les cristaux en haut commencent à fondre), on voit des gouttelettes liquides apparaître brusquement à la surface des cristaux, bien que la température ambiante soit de plusieurs degrés inférieure au point de fusion. Ces gouttes sont peu nombreuses, mais stables : elles peuvent subsister pendant 20-30 minutes et plus, sans que leur diamètre (de l'ordre de 10 μ) varie. Puis elles se solidifient brusquement; le petit cristal ainsi formé se développe rapidement et devient bientôt semblable au cristal fondamental (quoique d'orientation généralement distincte), en démontrant ainsi que la matière de la goutte était bien de la paratoluidine.

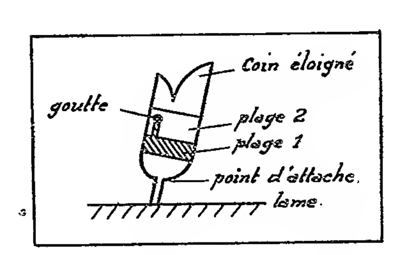


Fig. 1 (représentation schématique).

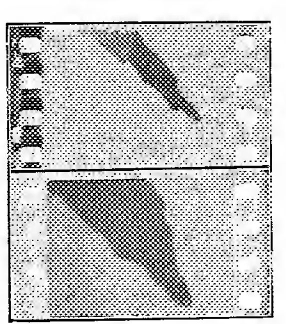


Fig. 2 et 3.

Fig. 2. Chaîne de protubérances. Le point d'attache se trouve en haut, à une distance relativement considérable. Grossissement environ 35 diamètres, film négatif. La goutte, très petite, se confond sur la photo avec son support cristallin. — Fig. 3. Tête d'une chaîne de protubérances. Grossissement environ 50 diamètres, film négatif. La goutte est bien visible.

Ces gouttes glissent très facilement à la surface du cristal. On peut distinguer dans leurs mouvements les tendances générales suivantes :

1° Lorque le cristal ne croît pas (on constate alors que les frontières entre les plages sont immobiles) les gouttes sont ou bien immobiles, ou bien animées d'un mouvement lent de direction quelconque. Le déplacement le long des arêtes semble être plus facile qu'en plein milieu du feuillet. Les frontières entre plages sont presque toujours infranchissables : la goutte y reste collée.

2° Chauffons en bas : la sursaturation augmente et le cristal se remet à croître. Les frontières commencent à se déplacer en s'éloignant du point d'attache. Si l'une d'elles accroche au passage une goutte, celle-ci se met en mouvement, mais elle va plus vite que le reste de la frontière, de sorte qu'en cet endroit la plage 1 dessine une langue avancée (*fig.* 1). Quand cette langue parvient jusqu'à la frontière suivante, elle en est repoussée, de

sorte que la goutte commence à décrire une trajectoire désordonnée, laissant toujours derrière elle l'avant-garde de la plage 1. Elle accélère ainsi la pénétration de la région 2 par la plage 1.

3° Mais le plus souvent, dès que la croissance devient un peu vive, la goutte vient d'un bond *dans le coin le plus éloigné du point d'attache du cristal* (cette règle est très générale). Elle ne peut plus en sortir : parfois elle s'en éloigne un peu pour y revenir immédiatement, comme si elle y était attachée par un élastique. Si l'on augmente toujours la sursaturation, la goutte semble franchir le contour du cristal : un promontoire vivement coloré se forme à cet endroit; il grandit, s'épaissit, et lorsque sa couleur s'approche de celle du cristal fondamental une nouvelle protubérance se forme et ainsi de suite (*fig.* 2 et 3). On observe ainsi une croissance forcée, beaucoup plus rapide que la croissance naturelle, mais localisée : la chaîne des protubérances, malgré une certaine croissance en largeur, reste beaucoup plus étroite que le cristal fondamental.

Les protubérances se développent toujours dans une direction bien déterminée : celle des arêtes rectilignes les plus développées du cristal. La présence d'une goutte liquide à l'extrémité avancée de la chaîne est absolument indispensable et si la goutte disparaît (par exemple en se solidifiant), le phénomène prend fin immédiatement.

Conclusions. — Déjà le fait qu'une goutte peut rester en surfusion, tout en étant en contact apparent avec le solide, semble montrer que ce contact est indirect et qu'il existe une couche superficielle qui s'interpose entre la goutte et le cristal.

Les mouvements de la goutte, avec leur prédilection pour les arêtes et pour les angles, suggèrent eux aussi l'existence de courants superficiels, qui entraînerait la goutte et qui seraient dirigés le plus souvent du point d'attache vers le côté opposé de la périphérie.

Enfin il est certain que la présence d'une goutte peut activer localement la croissance, soit que la goutte provoque une surconcentration locale de la couche superficielle, soit qu'elle catalyse les échanges entre la vapeur et le solide. En tout cas, il y a là un nouveau moyen d'étudier l'état intermédiaire entre le cristal et sa vapeur sublimée, étude qui a déjà été commencée par M. Volmer et par ses collaborateurs [1].

---

(1) Voir surtout *Z. physik. Ch.*, **102**, 1922, p. 286, et **119**, 1926, p. 46.

ÉLECTRICITÉ. — *Les lois d'actions à distance en électricité.* Note (¹) de M. **Henri Abraham**, présentée par M. P. Villard.

Supposons qu'un électromètre balance à armatures planes et horizontales, parfaitement isolées, soit placé dans une cuve que l'on puisse remplir avec un diélectrique liquide.

Imaginons que l'électromètre ait été équilibré dans l'air, après avoir reçu des charges qui resteront invariables quand on versera le liquide (²).

On sait que lorsque les plateaux de l'appareil auront été complètement noyés, la force exercée sur le plateau supérieur aura diminué dans la proportion du rapport des constantes diélectriques du liquide et de l'air.

On considère parfois une telle expérience comme établissant que l'attraction entre des charges électriques données varie en raison inverse du pouvoir diélectrique du milieu interposé, en suivant une loi d'attraction

$$F = \frac{qq'}{Kr^2}$$

dans laquelle la constante diélectrique K dépendrait du milieu.

Il ne semble pas que cette interprétation des faits puisse être acceptée.

Si, en effet, on versait progressivement le diélectrique, on constaterait que la force exercée sur le plateau supérieur *resterait invariable* tant que le liquide n'aurait pas atteint ce plateau. Quand le liquide affleurerait juste le plateau, l'*attraction serait encore la même*, et cela est en contradiction avec la doctrine de l'action à distance variant avec la nature du milieu interposé.

Notons que, dans cette première partie de l'expérience, la surface libre du liquide n'est pas horizontale. Le liquide, attiré par le champ électrique, s'élève davantage entre les plateaux qu'à l'extérieur. Cette dénivellation met en évidence l'excès de pression hydrostatique dû au champ.

C'est seulement lorsque le plateau supérieur est noyé que l'équilibre est complètement rompu. En rétablissant alors l'équilibre initial, la surcharge qu'il faudra ajouter représentera exactement l'excès de pression hydrostatique exercée de bas en haut sous le plateau supérieur par le liquide, excès

(¹) Séance du 27 mars 1933.

(²) Il serait plus aisé d'opérer à différence de potentiel constante et de calculer ensuite ce qu'aurait donné l'expérience si elle avait été faite à charges constantes.

de pression que la dénivellation signalée plus haut permettait de mesurer, et qui pourrait aussi être calculée par des formules classiques ([1]).

Il résulte de là que l'attraction entre les charges électriques doit être considérée comme étant restée invariable malgré le changement de milieu.

En définitive, les forces électriques ne peuvent être calculées au moyen de lois d'actions à distance qu'en admettant que ces actions se transmettent au travers des corps matériels comme si la matière n'existait pas, et l'on ne peut utiliser dans le calcul qu'un seul coefficient d'attraction, celui du vide.

Il en est de même pour les forces exercées dans les champs magnétiques.

L'influence des milieux interposés, homogènes ou non, doit être évaluée en calculant l'action à distance (suivant la même loi) des portions de ces milieux qui sont polarisées (ou aimantées) et en tenant compte des pressions exercées par ces milieux sur les corps qui y sont immergés.

PHYSIQUE. — *Sur le calcul des moments électriques.*
Note de M. **G. Allard**, présentée par M. G. Urbain.

L'expérience montre ([2]) que les moments électriques des molécules peuvent se calculer, en première approximation, en additionnant vectoriellement des moments partiels attribuables à chacune des liaisons de la molécule, ces moments partiels étant dirigés suivant la liaison. On peut montrer que cette loi d'additivité vectorielle est justifiée, à l'approximation zéro, par la mécanique ondulatoire; il suffit pour cela de montrer que si A et B sont deux atomes ou ions, accompagnés ou non d'autres atomes, le moment électrique de la molécule AB est la somme de deux termes qui sont les moments de A et B et d'un troisième, dépendant à la fois de A et B et dirigé suivant AB. Nous considérerons les deux cas où la liaison entre A et B est purement ionique et celui où elle est purement homéopolaire au sens de la théorie d'Heitler-London.

1° Si ψ_A et ψ_B sont les fonctions d'onde des groupes A et B, fonctions dans lesquelles les variables sont toutes différentes, la fonction d'onde de l'ensemble est $\psi_A\psi_B$ à l'approximation zéro. Si ξ_A et ξ_B sont les abscisses des ions A et B et x_i les coordonnées des différents électrons ou atomes qui leur

([1]) Liénard, *Annales de Physique*, 9e série, **20**, 1923, p. 249.

([2]) Voir par exemple, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1455.

font cortège, on a, pour la composante μ_x du moment électrique,

$$\mu_x = e\xi_A - e\xi_B + \int \Sigma e_i x_i |\psi_A \psi_B|^2 d\tau.$$

Or les variables de ψ_A et ψ_B sont toutes différentes, et les moments de A et B sont

$$\mu_{A.x} = \int \Sigma_i e x_i |\psi_A|^2 d\tau, \qquad \mu_{B.x} = \int \Sigma e_i x_i |\psi_B|^2 d\tau.$$

On a donc

$$\mu_x = \mu_{A.x} + \mu_{B.x} + e(\xi_A - \xi_B),$$

ce qui démontre la propriété énoncée.

2° Soient (1) et (2) les électrons participant à la liaison; nous admettrons que la fonction d'onde de A peut se mettre sous la forme $\varphi_A \psi_A(1)$, où ψ_A ne dépend que de l'électron (1) et φ_A de tous les autres électrons ou atomes accompagnant A; φ_A et ψ_A sont supposées normalisées et le moment

$$\mu_{A.x} = e\xi_A + \int \Sigma e_i x_i |\varphi_A \psi_A|^2 d\tau = e\xi_A + \int \Sigma e_i x_i |\varphi_A|^2 d\tau - e\int x_1 |\psi_A|^2 d\tau.$$

De même pour B, avec des notations évidentes,

$$\mu_{B.x} = e\xi_B + \int \Sigma e_i x_i |\varphi_B|^2 d\tau - e\int x_2 |\psi_B|^2 d\tau.$$

Or, pour la molécule AB, la fonction d'onde est

$$\psi = \varphi_A \varphi_B \frac{\psi_A(1)\psi_B(2) + \psi_A(2)\psi_B(1)}{\sqrt{2 + 2S^2}}.$$

où S est le facteur de normalisation $\int \psi_A(1)\psi_B(1)\, d\tau$. On a donc, pour le moment électrique global,

$$\begin{aligned}\mu_x &= e\xi_A + e\xi_B + \int \Sigma e_i x_i |\psi|^2 d\tau \\ &= e\xi_A + e\xi_B + \int \Sigma e_i x_i |\varphi_A|^2 d\tau + \int \Sigma e_i x_i |\varphi_B|^2 d\tau \\ &\quad - e\int (x_1 + x_2) \left| \frac{\psi_A(1)\psi_B(2) + \psi_B(1)\psi_A(2)}{\sqrt{2 + 2S^2}} \right|^2 d\tau,\end{aligned}$$

qui, toutes réductions faites, devient

$$\mu_x = \mu_{A.x} + \mu_{B.x} + \frac{eS^2}{1 + S^2}\left[\int x_1 |\psi_A|^2 d\tau + \int x_2 |\psi_B|^2 d\tau\right] - \frac{2e}{1 + S^2}\int x_1 \psi_A(1)\psi_B(1)\, d\tau.$$

La propriété énoncée sera démontrée si les diverses intégrales qui figurent

dans cette expression sont nulles lorsque la direction Ox est normale à la direction AB, et il en sera certainement ainsi si les fonctions d'onde ψ_A et ψ_B ont la symétrie cylindrique autour de AB. Ce sera d'ailleurs presque toujours le cas si l'on admet la théorie de Pauling [1] puisque, d'une part. cet auteur admet que les atomes A et B doivent se placer de façon que la ligne AB soit celle des maxima de ψ_A et ψ_B, et que, d'autre part, le plus grand nombre des fonctions d'onde qu'on a chance de rencontrer présentent la symétrie cylindrique autour de la direction de leur maximum.

ÉLECTRONIQUE. — *Électrons interatomiques dans les réseaux cristallins.* Note [2] de M. **R. Forrer**, transmise par M. Pierre Weiss.

J'ai attribué les propriétés ferromagnétiques à un réseau électronique d'orientation [3]. Le nombre des contacts, N par atome, des orbites de ce réseau est en relation avec la température du point de Curie. La loi des points de Curie s'écrit $T = F\sqrt{N}$. Dans le cas du fer par exemple ($\Theta = 770°$C.; $T = 1043°$K.) un atome possède quatre voisins dans un plan (001). Il fait donc, dans les trois plans (001), 12 contacts efficaces avec ses six voisins. On en déduit pour le facteur F le nombre 301. La distance des centres des atomes dans les plans (001) est égale à 2,86 Å, distance que j'ai appelée la distance efficace du ferromagnétisme.

Dans la plupart des corps ferromagnétiques la réalisation des contacts ainsi calculés à partir du point de Curie est facile, en tenant compte de la condition de la distance efficace, du même ordre que celle du fer.

Cette réalisation est impossible de cette manière simple pour Fe^2O^3, car le point de Curie situé à 675°C. donne $^{301}N = 9,92$ et il impose, comme nombre adopté, 10. Or un atome de fer ne possède que quatre atomes de fer comme voisins à la distance efficace, ce qui ne permet pas l'obtention de 10 contacts.

On peut projeter sur un plan moyen les centres des atomes de fer qui appartiennent à une double couche (111) et qui sont contenus entre deux couches d'atomes d'oxygène. En logeant dans ce plan autour de chaque atome de fer une orbite avec un diamètre de 2,90 Å, on obtient trois con-

---

(1) *J. Am. Chem. Soc.*, 53, 1931, p. 1367.
(2) Séance du 3 avril 1933.
(3) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 697, 779 et 868.

tacts avec ses voisins (*fig.* 1). On voit que chaque couronne de six atomes de fer entoure un creux où l'on peut placer une orbite avec le même diamètre que celui des orbites atomiques (*fig.* 2). Les orbites de contact formeront de cette façon un réseau hexagonal compact dans un plan (111). Sur l'axe de l'orbite interatomique sont situés à égale distance deux atomes

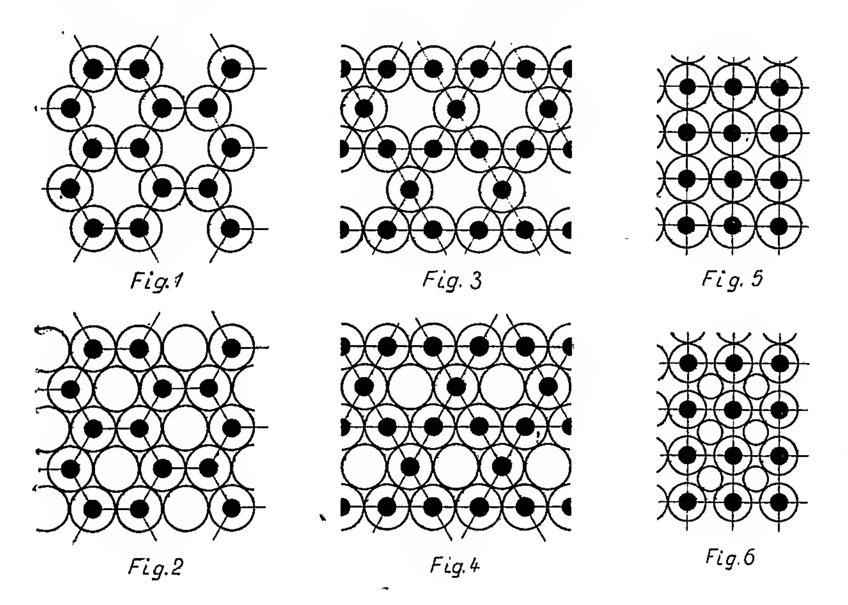


Fig. 1 Fig. 3 Fig. 5

Fig. 2 Fig. 4 Fig. 6

de fer auxquels, solidairement, on peut l'attribuer. En comptant maintenant les nombres des contacts d'une orbite atomique (il faut compter doubles les contacts avec les trois orbites interatomiques), on trouve neuf contacts. En ajoutant encore un contact avec l'unique atome qui se trouve suivant l'axe ternaire à la distance efficace de 2,88 Å, on obtient le nombre 10, imposé par le point de Curie.

Une disposition semblable d'une couronne de six atomes dans un plan (111) se trouve dans le réseau de la *magnétite* (*fig.* 3). Après mise en place d'une orbite interatomique, chaque orbite atomique possède comme voisines quatre orbites atomiques et deux orbites interatomiques (*fig.* 4), de sorte que le nombre total des contacts d'un atome est égal à 8. En effet la magnétite fournit $^{301}N = 8,03$.

Le fer δ est stable entre 1410° et 1530°C. et possède le même réseau (cube centré) que le fer α [la figure 5 donne le réseau électronique du fer α dans un plan (001)]. Le paramagnétisme variable fournit $\Theta_p = 1230°$C., le point de Curie donne $N = 24$. On peut loger une orbite interatomique dans un

plan (001) entre quatre atomes voisins formant un carré (*fig*. 6). Une orbite atomique fera donc quatre contacts doubles avec les quatre orbites interatomiques. Les trois orbites dans les trois plans (001) auront en tout $3 \times 8 = 24$ contacts, le nombre calculé. Le fer δ construit donc son réseau d'orientation avec les mêmes trois électrons participants que le fer α et dans les mêmes plans, mais en intercalant les orbites interatomiques.

L'orbite interatomique trouve encore son application dans la loi des points de fusion. Le bismuth par exemple possède, comme les atomes de fer dans Fe^2O^3, trois voisins dans une double couche (111). En plaçant les orbites atomiques dans un plan moyen, le réseau électronique aura la même configuration que celui de Fe^2O^3 avec $N = 3$ (*fig*. 1). Le point de fusion du bismuth (271° C.) fournit $N_a = 3$. Le nombre de contacts adopté est donc égal au nombre de voisins à courte distance. En plaçant des orbites interatomiques comme dans Fe^2O^3 (*fig*. 2), on trouve $N = 9$ et effectivement l'antimoine qui possède le même réseau que le bismuth fournit par son point de fusion $N = 9$. Le nombre des contacts calculés correspond donc au nombre des contacts construits avec des orbites interatomiques.

La possibilité de reproduire d'une manière aussi simple les nombres de contacts exigés par la loi des points de Curie ou des points de fusion au moyen des orbites interatomiques me semble démontrer d'une façon suffisante l'existence d'électrons interatomiques dans le réseau cristallin des corps solides.

OPTIQUE. — *Sur une forme nouvelle de l'expérience de Michelson.* Note de M. **A. Sesmat**.

Dans une Note antérieure [1] a été formulée l'hypothèse que les sources, au lieu de rayonner dans tout l'espace même vide, ne cèdent leur énergie qu'aux récepteurs matériels là où il s'en trouve. Cette hypothèse, qui présente en elle-même plusieurs avantages importants (accord avec le postulat quantique de la *discontinuité* spatiale du rayonnement — réduction considérable du *rayonnement solaire* et stellaire...), entraîne pour l'optique des corps en mouvement une conséquence intéressante, bien que non cherchée pour elle-même : si le rayonnement ne se fait pas dans toutes les directions, les temps de « transmission » de la lumière ne peuvent plus, dans le cas de

---

(1) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 548.

récepteurs mobiles, s'évaluer d'après des distances rectilignes, mais doivent s'évaluer d'après les longueurs de courbes de poursuite issues des points d'émission et dirigées à tout instant vers les positions actuelles des récepteurs. Or M. Lalan a montré (1) que l'usage de la courbe de poursuite pour le calcul des trajets optiques dans le vide conduit, par application du principe des interférences, à la conservation *rigoureuse* des lois de la *réflexion* dans les systèmes en translation rectiligne et uniforme. Si donc l'expérience de Michelson avait été faite dans le vide, et à condition qu'on néglige les traversées des lames, le résultat négatif se trouverait ainsi expliqué dans le cadre de l'espace et du temps classiques.

Pour savoir ce que donnerait notre hypothèse fondamentale dans le cas d'un milieu matériel transparent mobile, il faut des hypothèses complémentaires sur le mécanisme de la propagation et sur la valeur du *coefficient d'entraînement*. M. Lalan a bien calculé (2) ce que devrait être ce coefficient pour que soient conservées rigoureusement les lois de la *réfraction;* mais si cette valeur simplement calculée *a priori*, et que l'hypothèse première n'exige pas, n'était pas la vraie, il faudrait s'attendre dans l'expérience de Michelson à un léger déplacement des franges dépendant des changements d'orientation de l'appareil; déplacement que nous ne pouvons prévoir exactement, mais qui, étant donné ce qu'on sait jusqu'ici du coefficient d'entraînement, devrait être très faible dans le cas de l'air, mais pourrait être sensible dans le cas d'un milieu d'indice élevé.

De là l'intérêt d'une expérience de Michelson dans laquelle les deux rayons, ou paquets de rayons, perpendiculaires accompliraient chacun une partie notable de leur trajet dans l'eau, par exemple, ou dans le sulfure de carbone.

Il est à noter que si dans l'expérience ainsi conçue de nouvelles causes perturbatrices menacent de nuire à la stabilité des franges, la sensibilité par contre se trouverait multipliée par le carré de l'indice n du milieu choisi, puisque les effets éventuels seraient vraisemblablement du second ordre en v/c_n, ou en $n.v/c$.

---

(1) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 615.

(2) *Ibid.*, p. 933.

PHOTOGRAPHIE. — *Un densitomètre de précision à cellule photoélectrique.* Note [1] de M. **G.-A. Boutry**, présentée par M. Ch. Fabry.

Cet appareil, destiné au dépouillement des clichés sensitométriques et, en général, à la mesure des facteurs de transmission, a été réalisé, avec l'appui matériel du Service des Recherches de l'Aéronautique, conformément aux conclusions d'une Note antérieure.

Le montage optique a un encombrement de 35^{cm} en tous sens; le flux lumineux entrant dans l'appareil (fourni par exemple par une lampe de 100 watts à ruban de tungstène) peut atteindre 20 lumens. Il peut parcourir à volonté deux trajets. Le long du premier, il traverse une densité optique T qui reste invariable pendant une série de mesures; le long du second, il traverse successivement la densité étudiée X et un coin de verre neutre de densité variable Y. La substitution d'un trajet à l'autre se fait à l'aide d'un prisme escamotable dont le déplacement est provoqué par l'observateur. Le flux sortant de l'appareil est modulé par un prisme tournant denté. Il tombe sur une cellule photoélectrique connectée à un amplificateur de basse fréquence. On cherche à obtenir que, quel que soit le trajet suivi par le flux lumineux, l'aiguille d'un microampèremètre connecté à l'amplificateur occupe une position invariable sur son cadran. A ce moment on a

$$X + Y = T.$$

L'aire du spot lumineux formée sur la plaque à étudier peut varier de $0^{mm^2},8$ à 7^{mm^2}. Les objectifs ont des ouvertures numériques réglables entre 0,05 et 0,5, en vue d'une étude systématique de l'influence de la convergence des faisceaux utilisés sur la valeur obtenue pour la densité (Ch. Fabry, *Rapport au VIe Congrès intern. Photogr.*, p. 143).

L'amplificateur employé est un montage classique à résistance duquel ont été éliminés tous les contacts tournants ou glissants. En le protégeant des perturbations extérieures, tant électromagnétiques que microphoniques, nous avons pu obtenir que le courant redressé qu'il fournit, et qui est de l'ordre de 2 milliampères, ne subisse pas de fluctuations supérieures à 1 microampère. Cela n'a été possible qu'avec certaines cellules photoélectriques, et tant que les flux qu'elles recevaient n'étaient pas trop faibles. Le choix des

---

(1) Séance du 3 mars 1933.

résistances de couplage et des lampes a été fait conformément aux conclusions d'une Note antérieure ([1]). Le détecteur employé est un redresseur à oxyde de cuivre dont le rendement, pour les faibles intensités, est très mauvais, mais dont le fonctionnement se fait sans fluctuations de courant supérieures à 10^{-9} ampère. Le coefficient d'amplification en ampères de l'ensemble est 350 000 environ. Avec des cellules sensibles, des variations du flux émergent inférieures à 10^{-8} lumen sont appréciables.

L'appareil mesure sans difficulté toutes les densités optiques inférieures à 5. Sa précision et sa fidélité sont très bonnes. Voici l'ordre de grandeur des incertitudes (absolues) :

Densités comprises entre 0 et 2,5	0,0015
Densités comprises entre 2,6 et 3,75	0,003
Densités comprises entre 3,75 et 0	0,006

En utilisant des filtres convenables et des cellules de sensibilité spectrale appropriée, les mesures peuvent être exécutées avec des éclairages grossièrement monochromatiques ou de composition spectrale donnée. Les cellules à cathode de cæsium permettent, en particulier, des déterminations très aisées de 6000 à 7500 Å, et même dans le proche infrarouge, jusqu'à 10000 Å. Les mesures dans le bleu et le violet à l'aide de cellules de potassium ne sont toutefois exécutables que jusqu'à la densité 4.

Quelques clichés sensitométriques ont été étudiés de cette façon en lumière bleue et en lumière rouge; les densités trouvées variaient peu en valeur relative, indiquant ainsi que les clichés étaient très près d'être neutres.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur les chocs entre neutrons et protons.* Note de MM. **Pierre Auger** et **Gabriel Monod-Herzen**, transmise par M. Jean Perrin.

Dans l'hydrogène soumis à l'action du rayonnement d'une source de glucinium bombardé par les rayons α du polonium apparaissent des corpuscules ionisants rapides qui sont des protons projetés par le passage des neutrons (effet Curie-Joliot). Grâce à la méthode de Wilson on peut photographier ces trajectoires, et si l'on prend chaque fois deux clichés à angle droit on reconstitue ensuite, par une épure, les angles et les longueurs, et

([1]) G.-A. Boutry, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1384.

en particulier l'angle θ de chaque trajectoire de proton avec la trajectoire probable du neutron qui l'a projeté (ligne droite du centre de la source au point de départ du proton). Nous avons cherché à obtenir par cette méthode des renseignements sur la nature du choc entre neutron et proton.

L'un de nous a signalé (1) que l'on obtient dans l'hydrogène deux groupes de trajectoires bien distinctes, les unes dues à des protons rapides et les autres à des protons lents dont l'énergie est de l'ordre du dixième de celle des premiers. Nous avons fait deux statistiques différentes des angles θ pour ces deux types de trajectoires et les résultats ont montré des différences notables.

1° *Protons rapides.* — Ces trajectoires portent de nombreux rayons β de collision qui permettent de connaître leur sens de propagation. Elles traversent toute la chambre de détente sans déviation. Leur origine est souvent dans le gaz même; cependant nous avons dû faire entrer dans la statistique complète de nombreux cas de trajectoire à origine invisible c'est-à-dire partant de la paroi qui est toujours chargée de composés hydrogénés : les statistiques partielles pour ces deux types de trajectoires étant très semblables, nous les avons réunies. La répartition (tableau I) des angles θ est symétrique autour de $\theta = 45°$, à part un petit groupe (10 pour 100) vers $\theta = 85°$, elle est bien représentée par la fonction simple $p = a \sin\theta \cos\theta \, d\theta$ où p est la probabilité d'émission sous des angles compris entre θ et $\theta + d\theta$, et a une constante. Cette répartition est celle que l'on attendrait du choc de deux sphères sans frottement; il semble donc qu'on puisse en première approximation considérer proton et neutron comme deux sphères élastiques. Sans doute le champ de force entre ces corpuscules est-il très brusquement limité, définissant ainsi un rayon de choc que nous cherchons actuellement à mesurer.

2° *Protons lents.* — On ne peut malheureusement pas dans ce cas connaître le sens de parcours des trajectoires dont les deux extrémités sont semblables, sauf par application d'un champ magnétique très intense. Aussi dans notre statistique les angles θ sont comptés entre $\theta = 0$ et $\theta = 90°$ malgré la présence certaine de protons de sens inverse qui a été effectivement constatée dans des expériences antérieures par l'un de nous. Toutes les trajectoires mesurées avaient les deux extrémités visibles dans le gaz. Leur répartition de longueur, (l) en millimètres dans l'hydrogène normal, est donnée par le tableau III. On voit qu'il y a un groupement très net

(1) PIERRE AUGER, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 234; 196, 1933, p. 170.

autour du parcours moyen de 5^{mm}. La répartition en direction, faite en supposant que les neutrons agissants proviennent en ligne droite de la source, est assez différente de celle des protons rapides. Le maximum est situé à $\theta = 65°$ et la distribution n'est pas du tout symétrique autour de cet angle. Elle suit, assez grossièrement d'ailleurs, une loi en $p = a \sin\theta d\theta$ avec un manque de rayons vers $\theta = 90°$.

Nous avons également recherché une dépendance entre l'angle θ et le parcours des protons lents. La moyenne des parcours des rayons compris entre 0° et 55° est tout à fait la même (5^{mm}) que celle des parcours des protons projetés sous des angles compris entre 55° et 90°.

Cet ensemble de résultats indique donc nettement l'existence d'un groupe de neutrons lents, puisque des neutrons rapides ne pourraient projeter des protons de faible vitesse suivant leur propre direction. D'autre part, la forme de la répartition et l'indépendance des parcours vis-à-vis de θ s'interprète au mieux par une très forte diffusion de ces neutrons lents par la matière qui environne la chambre à détentes. Ces neutrons lents peuvent provenir de la source, ou bien être produits lors de la diffusion elle-même par des chocs inélastiques des neutrons rapides sur les noyaux (P. Auger, *loc. cit.*).

I. — *Répartition des trajectoires rapides.*

θ	0-10°.	10°-20°.	20°-30°.	30°-40°.	40°-50°.	50°-60°.	60°-70°.	70°-80°.	80°-90°.
n	3	7	12	10	18	9	11	5	9

n = nombre de rayons dans chaque intervalle.

II. — *Répartition des trajectoires lentes.*

θ	0-10°.	10°-20°.	20°-30°.	30°-40°.	40°-50°.	50°-60°.	60°-70°.	70°-80°.	80°-90°.
n	2	5	4	11	16	10	17	15	13

III. — *Répartition de longueur des trajectoires courtes.*

l	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.
n	0	6	9	21	3	7	7	8	3	3	4	5	1	3	1

n = nombre de rayons compris entre l et $l + 1^{mm}$.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Contribution à l'étude des électrons positifs.* Note de Mme **Irène Curie** et M. **F. Joliot**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Au cours de nos recherches (1), par la méthode des trajectoires de brouillard, sur le spectre d'électrons Compton du rayonnement γ associé à l'émission des neutrons, nous avions remarqué que plusieurs trajectoires d'électrons de grande énergie courbées par un champ magnétique se dirigeaient vers la source. Ce fait curieux était difficile à interpréter et nous avions admis que ces électrons étaient lancés par le choc de photons ayant pris naissance dans une région éloignée de la source à la suite des transmutations que provoquent parfois les neutrons traversant la matière. La découverte récente de l'électron positif (2) suggéra l'idée que ces électrons portaient une charge positive et provenaient de la source. Des expériences par la méthode Wilson furent entreprises par Chadwick, Blackett et Occhialini (3). Ces auteurs conclurent que le rayonnement complexe de neutrons et de photons projette des électrons positifs lorsqu'il traverse une lame de plomb. Les deux observations en faveur de cette conclusion sont, d'une part, la grande concentration près de la sources des trajectoires d'électrons courbés dans le sens qui correspond à une charge positive et, d'autre part, la vérification du sens de la vitesse par le changement de rayon de courbure d'un électron ayant traversé une lame métallique placée au milieu de l'appareil.

La première observation qui semble *a priori* concluante est cependant sujette à caution, en raison de l'effet de focalisation que peuvent subir des trajectoires issues du verre de la chambre.

Nous avons de nouveau examiné nos anciens clichés, mais dans ces expériences la source se trouvait trop éloignée des parois de la chambre, et nous avons préféré répéter les expériences en plaçant la source de neutrons et de photons (100 millicuries de Po irradiant une pastille de Be) contre une lame de plomb fermant un orifice de 1^{cm},8 ménagé dans le cylindre de verre de l'appareil. On établit successivement deux valeurs du champ

(1) Irène Curie et F. Joliot, *Journal de Physique*, 4, 1933, p. 21.

(2) Anderson, *Sciences*, 76, 1932, p. 238; Blackett et Occhialini, *Proc. Roy. Soc.*, A, 139, 1933, p. 699.

(3) Chadwick, Blackett et Occhialini, *Nature*, 131, 1933, p. 473.

magnétique suivant l'axe de la chambre : 1100 et 640 gauss, afin de modifier les valeurs des rayons de courbures des trajectoires par rapport au rayon de la chambre et de voir ainsi l'influence éventuelle d'une focalisation vers la source des électrons négatifs. En mesurant seulement les électrons dont l'énergie est supérieure à 10^6 ev et $0,5 \times 10^6$ ev pour les champs de 1100 et 640 gauss, on trouve la répartition suivante des électrons ramenée à 10 électrons négatifs venant de la lame de plomb : Champ, 1100 gauss : 2,83 électrons positifs venant du plomb, et 1,76 électrons positifs ou négatifs répartis sur les parois du verre de la chambre.

Pour le champ de 640^s ces nombres deviennent 4,5 électrons positifs et 3,6 positifs ou négatifs.

La distribution des énergies des électrons négatifs est conforme à la courbe que nous avons déjà publiée; il y a un nombre maximum d'électrons ayant l'énergie $2,2 \times 10^6$ ev environ, l'énergie maximum observée est de $4,86 \times 10^6$ ev. La courbe correspondante pour les électrons positifs descend brusquement pour $2,2 \times 10^6$ ev, ce qui montre qu'en moyenne les électrons positifs ont une énergie inférieure à celle des négatifs.

Nous avons ensuite remplacé le plomb fermant l'orifice par une lame d'aluminium de 2^{mm} et les résultats obtenus sont très différents. Pour 10 électrons négatifs on observe 0,53 électron positif venant de la source et 1,3 positif ou négatif issus du verre et distribués comme dans le cas du plomb. Ce résultat montre d'une façon certaine que les électrons courbés en sens contraire des électrons négatifs et passant par le plomb dans l'expérience précédente *sont effectivement émis par le plomb* puisque dans les mêmes conditions le nombre des électrons positifs sortant de l'aluminium est très petit.

Enfin nous avons trouvé que l'interposition de 2^{cm} de plomb entre la source et la chambre diminue de plus de 50 pour 100 le nombre des électrons positifs issus du plomb. Les conditions de canalisation du rayonnement étaient les mêmes en présence ou en l'absence de plomb. Si l'émission des électrons positifs était dû à l'action des neutrons, on ne devrait pas trouver une influence si notable de cette épaisseur de plomb qui n'absorbe que 12 pour 100 environ du rayonnement de neutrons.

Les rayons γ étant notablement plus absorbables, nous croyons pouvoir conclure qu'ils sont responsables en majeure partie de l'émission des électrons positifs. Ce résultat donne un appui sérieux à l'hypothèse (¹) suivant

(¹) Blackett et Occhialini, *loc. cit.*

laquelle le phénomène d'absorption anormale des rayons γ les plus pénétrants des radioéléments par les éléments lourds serait due à l'émission par ces photons d'électrons positifs.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur l'expansion des atomes de recul radioactif dans l'air.* Note de Mlle C. CHAMIÉ, transmise par M. Jean Perrin.

J'ai étudié le déplacement des atomes de recul du ThC au delà de leur parcours. L. Wertenstein [1] avait donné des courbes qui représentent les quantités d'atomes de recul (RaB) accumulées sur une surface réceptrice en fonction de la distance à la source (RaA), au voisinage du parcours et sous pression réduite. Mais on n'avait pas étudié la diffusion des atomes de recul dans l'air sous pression normale à des distances très supérieures au parcours.

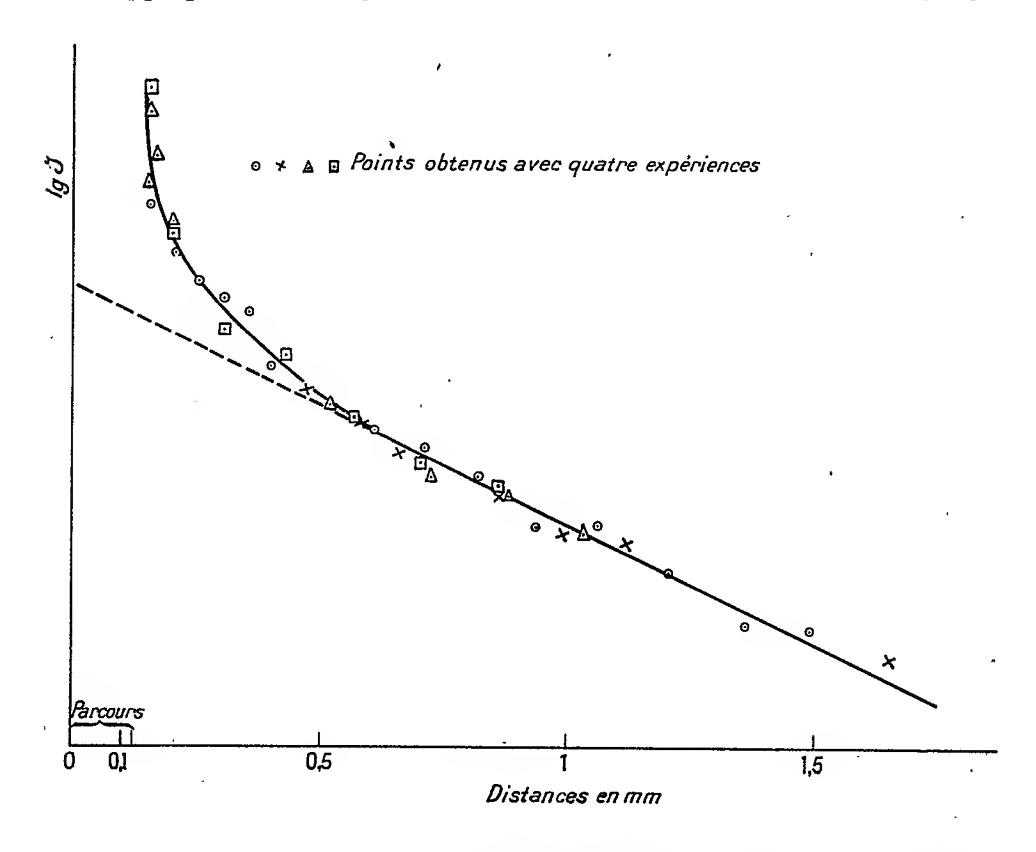
Le ThC″ rejeté par recul α à partir du ThC a un parcours de $0^{mm},13$ dans l'air à pression normale et à la température de 15° et se prête très bien à ce genre d'étude.

Expériences. — Le dépôt actif du thorium occupait une surface de 5^{cm} de diamètre sur une plaque en or ou en verre bien polie et plane, et l'on réalisait, au moyen de cales d'épaisseurs bien déterminées, des distances variables entre la source et la plaque réceptrice qui avait 10^{cm} de diamètre. Les expériences ont été faites avec des sources de dépôt actif, dont l'activité était équivalente en rayonnement γ à 5^{mg} de Ra en moyenne; pour des activités comprises entre $0^{mg},2$ et 15^{mg}, les résultats obtenus sont les mêmes et les courbes sont superposables. L'exposition de la plaque réceptrice durait 5 secondes. Des expériences préliminaires ont montré qu'à des distances diverses, la quantité de substance accumulée par recul était proportionnelle à la durée de l'activation quand celle-ci variait entre 5 et 30 secondes. Les mesures des activités ont été faites à l'électromètre de grande sensibilité de Pohl. Toutes les expériences ont été faites à la température de 20° et les variations de température ne dépassaient pas 2°.

Résultats. — Si l'on considère les logarithmes des intensités mesurées au même moment après la fin de l'activation, on trouve qu'à partir de la distance de $0^{mm},5$ ces valeurs décroissent linéairement en fonction de la distance (voir la figure). Jusqu'à cette valeur la décroissance est beaucoup plus

(1) L. WERTENSTEIN, *Ann. de Phys.*, 1, 1914, p. 347.

rapide. On peut supposer que la diffusion commence à partir de la distance où s'applique la loi exponentielle. Soient x la distance de la plaque



réceptrice à la source et $\mathfrak{J}$ le courant d'ionisation proportionnel au nombre d'atomes de recul extraits. La courbe montre qu'à partir de $x = 0^{mm},5$ environ, l'équation

$$\mathfrak{J} = \mathfrak{J}_0 e^{-xk}$$

est vérifiée où k est un coefficient constant à la pression de 76^{cm} et à la température de 20°. Si la distance est exprimée en millimètres, on trouve sur la courbe que pour $x = 0^{mm},65$ le courant d'ionisation diminue de moitié et que, par conséquent, $k = 1,07\ mm^{-1}$. Ce coefficient a les dimensions d'un coefficient d'absorption; il doit dépendre de la pression, de la température et de la nature du gaz.

Si l'on trace les courbes de décroissance de la matière projetée, on trouve que, pour des distances voisines du parcours, le Th C″ entraîne

du ThC, mais qu'à partir de la distance où la loi exponentielle est vérifiée, la présence du ThC n'est plus discernable.

Il semblerait, à première vue, que c'est grâce aux courants d'air accidentels que les atomes de recul peuvent être retrouvés à des distances tellement supérieures au parcours, surtout si l'on tient compte de la vie courte du ThC″. Cependant les courbes obtenues dans plusieurs expériences sont régulières et se superposent très bien. On peut donc penser que les atomes projetés par recul diffusent dans l'air et que le nombre d'atomes qu'un récepteur peut recueillir décroît exponentiellement avec la distance.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'abaissement du point d'eutexie dans le cas d'un eutectique ternaire*. Note de M. **Henri Muller**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons étudié précédemment l'abaissement par différentes substances de la température de fusion de l'eutectique binaire : glace + NO^3K (1). En vue de généraliser les résultats obtenus, nous avons continué notre travail par l'étude de l'eutectique ternaire : glace + NO^3K + SO^4K^2. Ces deux eutectiques, binaire et ternaire, sont voisins : le binaire fond à — 2°,84, le ternaire à — 3°,32 et leurs compositions (2) ne sont pas très différentes :

Eau : 100; NO^3K : 12,2 pour le binaire.
Eau : 100; NO^3K : 10,3; SO^4K^2 : 4,7 pour le ternaire.

La température de fusion de l'eutectique ternaire est abaissée par addition de substances solubles. Pour les abaissements mesurés, généralement compris entre 0°,2 et 2°,5, les courbes abaissements moléculaires (K) — abaissements, sont des droites ou des courbes très tendues dont le prolongement vers l'axe des K donne toujours facilement l'abaissement moléculaire à l'origine : K_0.

Le tableau suivant donne les valeurs de K_0 pour une série de substances :

---

(1) E. Cornec et H. Muller, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1735, et H. Muller, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 240.

(2) H. Hering, *Thèse*, Université de Strasbourg, 1926, p. 28.

	K_0.		K_0.
Urée	16,5	ClNa	33,0 = 2 × 16,5
Saccharose	16,5	$ClNH^4$	33,0 = 2 × 16,5
ClK	16,5	BrNa	33,0 = 2 × 16,5
BrK	16,5	CO^3Na^2	49,2 = 3 × 16,4
IK	16,6	CrO^4Na^2	49,0 = 3 × 16,3
CrO^4K^2	16,5	$CrO^4(NH^4)^2$	48,2 = 3 × 16,1
$Fe(CN)^6K^3$	16,7	PO^4Na^3	67,0 = 4 × 16,7
$Fe(CN)^6K^4$	16,5	$P^2O^7Na^4$	81,5 = 5 × 16,3
NO^3Na	16,7	$Fe(CN)^6Na^4$	82,2 = 5 × 16,5
NO^3NH^4	16,5		
$(NO^3)^2Cd$	16,7		

Les substances figurant dans la partie gauche du tableau ont sensiblement le même K_0. Ce sont des non-électrolytes et des sels ayant un ion commun avec NO^3K. Les sels inscrits dans la partie droite ne présentent pas d'ion commun avec les constituants salins de l'eutectique; pour chacun d'eux, l'abaissement moléculaire à l'origine est un multiple de celui des corps précédents; le multiple est égal au nombre d'ions contenus dans la molécule du sel.

Presque tous les corps du tableau ont été précédemment étudiés dans l'eutectique binaire. Pour les non-électrolytes, les deux abaissements moléculaires à l'origine sont très voisins. Pour les sels, en particulier pour les nitrates et les sels de potassium, les valeurs de K_0 se groupent mieux autour de celle des non-électrolytes dans le cas de l'eutectique ternaire que dans celui du binaire; on remarque en effet que, pour les corps de la partie gauche du tableau, K_0 varie entre 16,5 et 16,7 alors que les valeurs correspondantes pour l'eutectique binaire s'échelonnent entre 16,4 et 17,8.

Contrairement aux corps cités plus haut, l'acide sulfurique et les sulfates donnent des résultats tout différents suivant que l'on travaille avec l'eutectique binaire ou avec le ternaire. Dans le premier cas, il n'y a pas d'ion commun avec le sel de fond, les sulfates des métaux bivalents donnent à l'origine un abaissement moléculaire double, l'acide sulfurique et les sulfates des métaux monovalents un abaissement moléculaire triple. Dans le second cas, l'ion SO^4 est commun avec l'un des sels de fond. Comme on devait s'y attendre, les sulfates des métaux bivalents donnent à l'origine un abaissement moléculaire simple, mais l'acide sulfurique et les sulfates des métaux monovalents donnent un abaissement moléculaire double :

	K_0.		K_0.
SO^4Mg.....	$16,5 = 1 \times 16,5$	SO^4Na^2.....	$33,0 = 2 \times 16,5$
SO^4Cd.....	$16,5 = 1 \times 16,5$	$SO^4(NH^4)^2$...	$32,6 = 2 \times 16,3$
SO^4H^2......	$33,0 = 2 \times 16,5$	SO^4Li^2......	$33,2 = 2 \times 16,6$

Ces résultats, comme ceux du tableau précédent, s'expliquent d'une façon simple en admettant qu'en solution les sels de fond et le sel ajouté sont totalement (ou presque totalement) dissociés : la solution peut alors être considérée comme saturée en ions SO^4, K et NO^3; par suite, en ajoutant par exemple du ClK, l'ion Cl seul abaisse le point d'eutexie (abaissement moléculaire simple), tandis qu'en ajoutant du SO^4Na^2 deux ions Na l'abaissent (abaissement moléculaire double).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Détermination cryoscopique de l'hydratation globale des ions du chlorure de potassium.* Note de MM. **F. Bourion** et **E. Rouyer**, présentée par M. G. Urbain.

Ce travail a été effectué par l'étude des équilibres moléculaires de la résorcine dans les solutions de chlorure de potassium, en choisissant la constante cryoscopique apparente k' de manière que la constante d'équilibre

$$K_3 = \frac{c^3}{c'} = \frac{3C^2(330\Delta - ak')^3}{4a^2k'^2(3ak' - 330\Delta)}$$

possède la même valeur que dans l'eau (¹) soit 3,500. Dans cette relation, c, c' et C sont respectivement les concentrations des molécules simple, triple et totale de la résorcine, cette dernière étant estimée en molécules simples, Δ l'abaissement cryoscopique produit par la résorcine et a la masse de résorcine pour 100^g d'eau.

Nous avons expérimenté successivement les solutions ClK 1M dont l'étude n'avait pas encore été faite et ClK 0,5M qui avait été examinée par l'un de nous en collaboration avec M. Tuttle (²), mais d'après la méthode des premiers passages par zéro. Dans ce travail, de même que pour les solutions de résorcine dans l'eau, les concentrations sont prises à la température ordinaire. Nous avons observé :

(¹) F. Bourion, E. Rouyer et Mlle O. Hun, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1015.
(²) F. Bourion et Ch. Tuttle, *J. de Chim. Phys.*, 26, 1929, p. 291-311.

Concentration.	ClK 1 M; $k'=21,84$. Δ.	K_3.	ClK 0,5 M; $k'=20,3$. Δ.	K_3.
0,250	–	–	0°,501	2,080
0,375	0°,812	2,845	0,7355	2,445
0,500	1,060	3,053	0,957	2,600
0,625	1,299	3,207	1,169	2,696
0,750	1,536	3,529	1,382	2,934
0,875	1,752	3,385	1,594	3,173
1,000	1,977	3,501	1,801	3,332
1,125	2,191	3,471	2,0045	3,435
1,250	2,413	3,567	2,205	3,493
1,375	2,625	3,532	2,407	3,564
1,500	2,844	3,573	2,604	3,562
1,625	3,061	3,579	2,804	3,582
1,750	3,271	3,506	3,003	3,572
1,875	3,486	3,467	3,199	3,520
2,000	3,698	3,390	3,404	3,527
2,125	–	–	3,5995	3,435
2,250	–	–	3,8025	3,389
2,375	–	–	4,0065	3,328
2,500	–	–	4,214	3,271

On voit que pour la solution ClK 1 M et avec $k'=21,84$, k_3 est en moyenne 3,500 lorsque la concentration en résorcine varie de 0,750 à 2,000 et que pour la série ClK 0,5 M en prenant $k'=20,3$, k_3 moyen est 3,4623 lorsque la concentration en résorcine croît de 1,000 à 2,500. Dans ce dernier cas, on calcule aisément par extrapolation en utilisant les valeurs de k_3 correspondant à d'autres données de k' que $k_3=3,500$ pour $k'=20,2746$.

Calcul de l'hydratation globale des ions : 1° ClK 1 M. — Le pour cent x de l'eau fixé sur le sel est

$$x=\frac{100(21,84-18,4)}{21,84}=15,75.$$

De plus, on calcule aisément d'après la connaissance de la densité des solutions de ClK 1 M à 15°, soit 1,0465, que la masse de chlorure de potassium par 100^g d'eau est 7^g,6646 et l'on en déduit que le nombre de molécules d'eau fixé sur une molécule de chlorure de potassium est 8,505.

D'autre part, une seconde série de déterminations cryoscopiques a fourni la valeur $k'=21,894$, ce qui conduit à un degré d'hydratation 8,62, soit en moyenne 8,562 ou 8,6 en chiffres ronds. L'hydrate correspondant aux solu-

tions ClK 1 M est donc

$$ClK8,6H^2O.$$

Des expériences relatives à des mesures de nombres de transport des ions durant l'électrolyse pour des solutions ClK 1 M ont fourni, en tenant compte de l'hydratation individuelle des ions $ClK9H^2O$ [1], $ClK9,4H^2O$ [2], tandis que des mesures de solubilité de N^2O et de C^2H^2 ont donné

$$ClK8,6H^2O$$ [3];

ces trois résultats qui correspondent à la température ordinaire sont très voisins de ceux que nous avons obtenus.

2° ClK 0,5 M. — En conduisant le calcul comme nous venons de le faire, on trouve pour les solutions ClK 0,5 M dont la densité à 15° est 1,02362 et en prenant la valeur $k' = 20,2746$ indiquée précédemment que l'hydrate correspondant est

$$ClK10,2H^2O,$$

qui révèle un degré d'hydratation plus élevé que celui des solutions ClK 1 M.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Phénomènes électrochimiques de la décomposition catalytique de l'eau oxygénée par le platine.* Note de M. **René Wolff**, présentée par M. A. Desgrez.

L'étude de la décomposition catalytique de l'eau oxygénée par le platine a fait l'objet de nombreux travaux. Mais on est encore peu renseigné sur le mécanisme même de cette réaction, qui est complexe, et que l'équation $2H^2O^2 = 2H^2O + O^2$ ne traduit que globalement.

Il est cependant possible d'obtenir d'utiles renseignements sur les réactions de surface qui aboutissent à cette décomposition, par l'étude des phénomènes de charge électrique, qui se manifestent sur une lame de platine platinée, qu'on met en contact avec de l'eau oxygénée. En utilisant la méthode des piles de concentration, on est à même de mesurer la différence de potentiel qui s'établit entre le platine et la solution. Le vif dégagement d'oxygène, qui se produit sur la surface de l'électrode, pourrait

(1) Baborovsky, Velisek et Wagner, *J. de Chim. Phys.*, 25, 1928, p. 452-481.

(2) Washburn, *Z. Phys. Chem.*, 66, 1909, p. 563: *Am. Chem. Soc.*, 31, 1909, p. 322; Kraus, *The Properties of Electrally Conducting Systems*, New-York, p. 201.

(3) Manchot, Jahrstorfer et Zepter. *Z. anorg. Chem.*, 141, 1924, p. 38-81.

faire penser que le potentiel de celle-ci fût celui de l'oxygène à la pression atmosphérique, soit environ $1^v,100$ dans une solution normale en ions H. Or, il n'en est rien, et l'on retrouve constamment, dans ces conditions, un potentiel d'environ $0^v,800$.

Quelle est la signification de ce potentiel ? D'après Nernst ([1]), il correspondrait à la constante d'équilibre de la réaction : $H^2 + O^2 \rightleftharpoons H^2O^2$. Cependant, d'après les recherches de Börnemann ([2]) le potentiel d'équilibre serait 0,670 volt, et l'on calcule à partir des données thermochimiques plus récentes de Lewis et Randall ([3]) un chiffre de 0,613 volt. D'autre part, l'étude de l'effet de la concentration et de la dilution montre, qu'à partir du moment, où la concentration est suffisante, pour permettre d'observer un dégagement d'oxygène sur l'électrode, le potentiel devient indépendant de la concentration et atteint le chiffre de 0,800 volt. On atteint ce potentiel à partir d'une concentration de 10^{-3} à 10^{-2} molécule d'eau oxygénée. Il ne s'agit donc pas d'un potentiel d'équilibre, mais d'un potentiel, qui est en rapport avec le phénomène catalytique même de la décomposition de l'eau oxygénée.

Il était intéressant, afin de préciser cette réaction, d'étudier l'influence du pH sur ce potentiel. L'ajustage des solutions aux différents pH présente cependant certaines difficultés. La présence d'eau oxygénée a pour effet de rendre la solution plus acide, en faisant probablement diminuer la dissociation du sel dans le mélange tampon. La décomposition catalytique de l'eau oxygénée détermine ainsi une diminution progressive de l'acidité, qui se traduit par une chute progressive du potentiel.

Afin de connaître le pH exact de la solution, qui correspond à la mesure du potentiel, il est nécessaire de l'évaluer par colorimétrie, après avoir enlevé l'électrode de la solution immédiatement après la mesure, de façon à arrêter toute action catalytique, qui fait changer le pH.

Dans le tableau suivant, figurent les potentiels et les pH, qui varient de 1,25 à 11,34. Les solutions contenaient de l'eau oxygénée à concentration moléculaire et des mélanges tampons de Clark :

([1]) Nernst, *Zeitsch. f. physik. Chem.*, 46, 1903, p. 720.
([2]) Börnemann, *Nernst Festschrift*, Halle 1912, p. 118.
([3]) Lewis and Randall, *Journ. Am. Chem. Soc.*, 36, 1914, p, 1969.

pH.	Potentiel mesuré.	rH à 18° C.
1,25	0,714	27
3,22	0,620	27,8
7,68	0,387	28,7
10,59	0,192	27,8
11,34	0,144	27,6

Le potentiel présente avec le pH la relation suivante :

$$E = -0{,}058\,\mathrm{pH} + 0{,}029\,\mathrm{rH} \quad \text{à } 18^\circ\mathrm{C.},$$

où rH représente l'exposant négatif de la pression partielle en gaz hydrogène, qui règne sur l'électrode. C'est à partir de cette équation que j'ai calculé le rH, qui figure dans la troisième colonne du tableau.

On constate que, quel que soit le pH, la décomposition catalytique de l'eau oxygénée fait apparaître sur le platine une charge électrique, qui correspond à une pression d'hydrogène de 10^{-28} atmosphère. Or, il est important de noter que cette pression est, aux erreurs d'expérience près, celle qui règne dans l'eau. La constante de dissociation gazeuse de l'eau pure est $K_{18^\circ} = 10^{-85,35}$.

On calcule ainsi pour $(H^2) = 2(O^2)$, c'est-à-dire pour une solution ne contenant ni oxydant ni réducteur $(H^2) = 10^{-28,45}$ ou $\mathrm{rH} = 28,45$. Cependant, une électrode plongeant dans l'eau pure n'indique, en réalité, aucun potentiel défini, l'hydrogène dissous dans le liquide existant en quantité infime et, en plus, ne possédant pas, comme les tampons à rH, de charge électrique. Il n'exerce de propriété électrique qu'une fois diffusé dans l'électrode.

Il n'en est plus ainsi, quand le platine agit comme un catalyseur électrochimique, dont l'exemple le plus typique est représenté par l'action catalytique sur le mélange tonnant. En amenant un mélange gazeux d'hydrogène et d'oxygène en contact avec une électrode de platine platiné, j'ai constaté que cette électrode indique un potentiel très constant, qui est celui de l'eau.

La décomposition de l'eau oxygénée fait apparaître le même potentiel. Une des réactions élémentaires qui la caractérisent est donc vraisemblablement une formation électrochimique d'eau.

Le processus suivant semble le mieux permettre d'interpréter ces faits. L'eau oxygénée est activée au contact du platine de deux manières différentes, que représentent les équations suivantes : $H^2O^2 = 2H^+ + O^2 + 2\ominus$

et $H^2O^2 = 2(OH)^- + 2 \oplus$. Les radicaux H et OH, qui déterminent sur le platine des charges de signe inverse se dépolarisent réciproquement et il en résulte une formation d'eau au contact même du platine. Celui-ci indiquera donc un potentiel correspondant à l'équilibre entre l'eau et ses constituants.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Nouvelle méthode d'analyse des schistes bitumineux.* Note de M. J. **Barlot**, présentée par M. G. Urbain.

Pour évaluer la richesse des schistes bitumineux on a l'habitude d'en faire l'analyse en les soumettant exactement aux mêmes essais que les charbons. Cette façon de procéder est illogique, et seule une utilisation des schistes calquée sur celle des charbons pourrait la légitimer, or l'analyse d'un schiste est toujours faite en vue d'évaluer son rendement en huile.

Il est possible d'éliminer la presque totalité de la matière minérale sans altérer les substances organiques, et, après ce traitement, le schiste n'abandonne aux solvants organiques, xylol, pyridine, éther, que des traces d'hydrocarbures fortement polymérisés. Il se présente alors sous la forme d'une poudre amorphe qui, au microscope, apparaît constituée par un mélange d'éléments végétaux et animaux, dont nous poursuivons actuellement l'étude. La pyrogénation de cette matière organique donne l'huile brute de schiste.

Partant de cette base, nous avons mis au point une première méthode d'analyse directe, en cherchant à obtenir un rendement maximum en huile.

De plus nous avons établi une nouvelle méthode de laboratoire pour l'examen des schistes.

Appliquée à l'étude des couches bitumineuses du bassin de Creveney elle nous a donné de très bons résultats; nous l'expérimentons actuellement sur des schistes d'âges très différents et provenant d'autres gisements.

La nouveauté de cette méthode consiste dans l'emploi de l'acide fluorhydrique qui permet une séparation presque complète de la matière organique en quantité suffisante pour en permettre l'étude détaillée.

La suite des opérations est la suivante. On détermine l'humidité, toujours très faible, sur 20^g de schiste en poudre, séché dans le vide, à froid, sur l'anhydride phosphorique. On traite ensuite à 40-50°, par l'acide chlorhydrique à 50 pour 100; l'élimination des carbonates est totale, et la perte de poids atteint 45 pour 100. Le résidu est soumis à l'action de l'acide fluorhy-

drique à 50 pour 100, additionné de 1 pour 100 d'acide sulfurique pur, en évitant de dépasser 50°. La plus grande partie de la silice se dissout; le résidu ne représente plus que 33 pour 100 du poids primitif. On filtre sur creuset de Gooch et sèche dans le vide.

La substance se présente en poudre brune très foncée. Sur une prise d'essai on dose le carbone, l'hydrogène, le soufre et l'azote par les procédés habituels; on obtient 4 à 5 pour 100 d'un résidu renfermant de l'oxyde de fer, de l'alumine, de la silice et de l'acide phosphorique. L'oxygène est évalué par différence.

Sur un échantillon pris à 3^m de profondeur on a trouvé, par rapport au schiste brut :

Carbone	8,03 pour 100
Hydrogène	1,70 »
Azote	1,54 »
Soufre	1,32 »
Oxygène	1,26 »

Il importe de remarquer que la presque totalité du soufre existe sous forme de pyrite de fer; il n'y a pas plus de 10 pour 100 à l'état de soufre organique.

La somme $C + H + N + O + 1/10\ S$ représente le rendement en huile brute et gaz combustibles que donnerait une pyrogénation idéale. Dans la pratique, le procédé employé est d'autant plus parfait qu'il permet de se rapprocher davantage de cette limite. D'après la moyenne d'un grand nombre d'essais, la pyrogénation avec la cornue écossaise donne, sous forme d'huile, de 40 à 50 pour 100 du rendement théorique total. Les fours en usage à Creveney permettent actuellement d'arriver à 70 pour 100.

Ainsi se trouve confirmé le fait que l'huile ne préexiste pas dans le schiste, où il y a seulement les éléments nécessaires pour lui donner naissance; sa composition sera fonction de la façon dont on réalisera la pyrogénation.

Le schiste n'est pas une roche d'imprégnation comme les sables pétrolifères; c'est une roche mère, peut-être même la roche mère fondamentale du pétrole.

CHIMIE ANALYTIQUE ORGANIQUE. — *Dosage réfractométrique des acides organiques.* Note de Mme G. **Allard**, présentée par M. G. Urbain.

Dans une précédente Note [1], j'ai montré que les acides oxalique, malonique, succinique, azélaïque et sébacique pouvaient être dosés réfractométriquement en les précipitant par de l'acétate de plomb.

Pour le dosage des acides glutarique, adipique, pimélique et subérique, dont les sels de plomb sont trop solubles pour que la méthode puisse être appliquée à des solutions très diluées, d'autres réactifs ont été employés :

1° L'acétate d'argent. Ce réactif, peu soluble, ne peut être obtenu à une concentration supérieure à 0,05 *n*. Aussi le dosage n'est-il applicable que dans des limites très resserrées : il est impossible de doser des acides de concentration supérieure à 0,02 *n*. On ne peut donc pas employer ce réactif pour l'acide glutarique dont le sel d'argent est trop soluble à cette concentration.

L'acide adipique contenant 1/100e molécule-gramme par litre fut dosé exactement. L'acide subérique contenant 1/200e molécule-gramme par litre fut dosé à 2 pour 100 près.

Quant au dosage de l'acide pimélique, il n'est applicable que pour une concentration voisine de 0,02 *n*. Les acides mélangés ne sont déterminés qu'avec une forte erreur.

2° Pour obvier à cet inconvénient de trop grande dilution du réactif, les sels d'argent ont été formés à partir de nitrate normal. Il est alors nécessaire de neutraliser les solutions afin que le sel formé ne se dissolve pas dans l'acide nitrique libéré. Il faut, d'autre part, éviter un excès d'alcali pour qu'il ne se forme pas d'hydroxyde d'argent. Ces conditions sont remplies en neutralisant la solution acide par de la soude jusqu'à virage du bleu de bromo-thymol. Il fut très rarement obtenu de bons résultats par ce procédé.

3° L'acétate mercurique est un bon réactif capable de précipiter en solution diluée (parmi les neuf premiers termes de la série) les diacides que l'acétate de plomb laisse dissous. Il fut employé en solution légèrement acétique, et sa concentration, dans ces conditions, est inférieure à 0,2 *n*.

---

(1) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 937.

Chacun des acides glutarique, adipique, pimélique, subérique et azélaïque, en solution à raison de 1/200e de molécule-gramme par litre, fut dosé avec une précision de quelques pour 100. Les résultats sont les mêmes avec les sels de sodium.

Ce réactif permet aussi de doser les acides dans un mélange :

Dans une solution contenant 6^{mg},6 d'acide glutarique ($c = 0,014$), 7^{mg},3 d'acide adipique ($c = 0,014$) et 4^{mg},7 d'acide azélaïqne ($c = 0,007$), la quantité totale d'acide fut déterminée exactement, l'acide glutarique avec une erreur de 2 pour 100, l'acide adipique avec une erreur de 15 pour 100 et l'acide azélaïque avec une erreur de 4,5 pour 100.

Les neuf premiers termes de la série des diacides peuvent donc être dosés réfractométriquement dans leur mélange (à l'état d'acide ou de sel alcalin), en précipitant d'abord par l'acétate de plomb, en filtrant et lavant le précipité obtenu, en étendant le filtrat à volume connu et en précipitant par l'acétate mercurique.

Une précipitation par l'acétate de plomb en gros excès n'entraîne pas d'acide dont le sel de plomb est soluble à la concentration employée : fait vérifié par des radiogrammes (M. G. Champetier).

Les diacides sont, de cette façon, divisés en deux groupes : les acides oxalique, malonique, succinique, azélaïque et sébacique précipités par l'acétate de plomb et les acides glutarique, adipique, pimélique, et subérique précipités par l'acétate mercurique.

EFFET RAMAN ET CHIMIE. — *La liaison acétylénique. Étude de quelques carbures acétyléniques bisubstitués.* Note de Mlle **B. Gredy**, présentée par M. C. Matignon.

Dès les premières recherches sur l'effet Raman, MM. Bourguel et Daure (¹) ont montré que la fonction acétylénique était caractérisée par la présence d'une ou deux raies fortes de fréquence voisine de 2200 cm^{-1}.

En particulier les deux carbures bisubstitués étudiés : l'octyne-2 et le phényl-1-propyne-1 leur ont donné deux raies à 2233-2305 cm^{-1} pour le premier, 2213-2253 cm^{-1} pour le second, alors que les carbures monosubstitués ont tous donné une seule raie de fréquence moyenne 2120 cm^{-1}.

Je me suis proposé de voir si ce dédoublement de la raie fonctionnelle se

(¹) Bourguel et Daure, *Bull. Soc. ch.*, 47, 1930, p. 1349.

retrouvait d'une manière générale dans les carbures acétyléniques bisubstitués.

M. Truchet ayant préparé toute une série de ces carbures ([1]) a bien voulu m'en fournir des échantillons dont j'ai fait les spectres. J'y ai joint quelques carbures que j'ai préparés.

Voici les résultats obtenus :

$C^6H^5-C\equiv C-CH^3$ ([b]).

298 f	623 f	970 aF	1177 af	1445 f; l	2214 TF	2974 f	
383 m	703 f	1002 F	1264 aF	1491 af	2253 TF	3017 (?)	
529 af	758 f	1158 m	1381 af	1601 TF	2919 m	3063 m	

$C^6H^5-C\equiv C-C^2H^5$ ([a]).

385 tf	624 m	942 F	1159 m	1327 tf	1493 f	2238 F	3025 af
470 F	695 af	999 F	1177 m	1378 tf	1601 F	2944 f	3061 m
541 m.b.l	897 af	1016 af	1258 F	1446 (?)	2210 m	2981 f	

$C^6H^5-C\equiv C-C^3H^7$ ([a]).

380 af	624 m	787 tf	1000 aF	1097 f	1189 tf	1492 af	2238 F
468 F	693 f	953 m	1029 f	1158 m	1254 aF	1600 F	3024 f
525 tf	758 af	978 m	1053 f	1177 m	1444 b.l.m	2210 af	3061 m
550 tf							

$C^5H^{11}-C\equiv C-CH^3$ ([b]).

280 f	438 f	801 f	978 tf	1302 m	1435 F	2303 m	2920 aF
343 f	514 tf	841 m	1066 m	1332 m	1453 m	2860 m	2964 m
376 F	535 tf	963 tf	1110 m	1380 F	2234 F	2901 f	

$C^5H^{11}-C\equiv C-C^2H^5$ ([a]).

371 f	955 f	1298 af	1435 aF	2232 aF	2854 f	2899 TF	2941 m
778 f	1060 m	1317 m	1453 m	2293 m	2877 f	2928 TF	2971 f
836 m	1106 m						

$C^5H^{11}-C\equiv C-C^3H^7$ ([a]).

374 f	887 m	1070 f	1261 f	1331 m	2234 F	2875 m	2969 m
807 tf	972 tf	1105 b.f	1282 tf	1435 aF	2293 m	2904 TF	
857 m	1035 f	1227 f	1303 af	1453 m	2842 m	2917 TF	

$C^5H^{11}-C\equiv C-C^4H^3$ ([a]).

377 b.l.f	872 f	961 f	1300 m	1453 m	2860 m	2917 TF
814 f	902 f	1059 b.l.af	1330 m	2231 F	2877 m	2941 f
842 f	932 f	1108 m	1435 aF	2293 m	2899 TF	2964 m

([1]) *Thèse*, 1931.

$C^6H^{13}-C\equiv C-CH^3$ ([a]).

274 f. l	406 (?)	1061 f	1149 tf	1380 F	2233 F	2897 m	2964 aF
324 f	862 tf	1072 f	1303 m	1436 F	2303 m	2921 TF	
375 F	889 f	1112 m	1331 af	1453 m	2855 F	2938 m	

$C^6H^{13}-C\equiv C-C^2H^5$ ([a]).

360 b.l.f	889 f	1072 f	1258 f	1436 F	2294 m	2878 F	2976 m
436 tf	1010 tf	1110 m	1300 m	1456 m	2837 af	2907 TF	
859 f	1060 af	1211 f	1318 m	2232 F	2851 m	2938 F	

$C^6H^{13}-C\equiv C-C^3H^7$ ([a]).

372 af	1031 tf	1228 tf	1329 m	1454 m	2292 m	2875 af	2939 m
859 f	1072 f	1260 tf	1435 F	2233 F	2840 f	2910 F. l	2967 af
889 f	1110 m	1301 m					

$C^6H^{13}-C\equiv C-C^4H^9$ ([a]).

376 l. f	1003 tf	1110 m	1330 m	1457 m	2294 m	2887 f	2963 m
811 f	1055 l. f	1302 m	1438 F	2233 F	2856 af	2911 TF l	

([a]) Carbures de M. Truchet.

([b]) Spectres déjà publiés par MM. Bourguel et Daure, mais refaits avec un spectrographe plus dispersif.

On peut faire sur cette série de spectres les remarques suivantes :

1° Tous ces carbures ont effectivement *deux* raies d'intensités inégales dans la région 2200-2300 cm^{-1}. L'influence du groupement phényl se fait sentir par un abaissement de la fréquence de ce doublet.

2° Pour les carbures de la série grasse, la raie la plus forte a la même fréquence (2234 cm^{-1}) chez tous. Au contraire, la raie moyenne (2293 cm^{-1}) est déplacée dans les carbures 2-acétyléniques (2303 cm^{-1}). On a de même un élargissement de ce doublet pour le phénylpropyne-2 (2214-2254 cm^{-1} au lieu de 2210-2238 cm^{-1}).

3° En dehors du déplacement de la raie voisine de 2300 cm^{-1}, les acétyléniques $R-C\equiv C-CH^3$ se distinguent nettement des autres par la présence de deux raies fortes : l'une à 378 cm^{-1} (faible pour tous les autres carbures), l'autre à 1380 cm^{-1}.

Enfin, tous ces carbures présentent un doublet (1300-1330 cm^{-1}) d'intensité moyenne, qui est beaucoup plus serré dans les spectres des carbures de formule $R-C\equiv C-C^2H^5$ (1300-1317 cm^{-1}).

L'existence de deux raies caractéristiques de la fonction acétylénique paraît donc très générale pour les carbures bisubstitués. On pourrait sup-

poser qu'il s'agit ici d'une nouvelle forme d'isomérie. Cependant l'octyne-2 ayant été préparé par deux méthodes différentes : action de $SO^4(CH^3)^2$ sur l'heptyne sodé et isomération de l'octyne-1 par la potasse, a donné le même spectre dans les deux cas. D'autre part, l'hydrogénation de ce corps ne m'a donné [1] qu'un seul carbure, l'octène-2 *cis*, pur.

Il est donc impossible, pour le moment, d'affirmer si l'hypothèse émise est ou non justifiée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la combustion lente du benzène.* Note [2] de M. Jean Amiel.

J'ai étudié l'oxydation du benzène chauffé avec de l'oxygène en tubes scellés, me bornant aux produits gazeux de la réaction CO^2, CO, O^2.

Mode opératoire. — Les tubes sont en pyrex (volume : 150 à 200^{cm^3}). Le benzène (17 à 30^{mg}), placé dans une petite ampoule de pyrex scellée est pesé, puis introduit dans le tube à réaction. Celui-ci est rempli, sous une pression calculée, avec de l'oxygène sec contenant 0,9 à 1,4 pour 100 d'azote. Je scelle et je brise l'ampoule de benzène en agitant. Le tube est placé dans un four électrique à résistance chaude, et la température qui est maintenue constante avec des oscillations ne dépassant guère 3° est donnée par un thermomètre à mercure à atmosphère d'azote ou par un couple thermo-électrique (chromel, alumel). Au bout de deux heures le tube retiré du four est refroidi brusquement. Les gaz refoulés par du mercure sont envoyés dans une burette graduée. Je mesure le volume total vers 18° et aussi pour un tiers des expériences vers 4° et vers — 5° de façon à tenir compte des tensions de vapeur. J'effectue trois ou quatre analyses complètes des gaz sur le mercure en absorbant CO^2 par une solution de potasse, l'oxygène par du pyrogallate de potassium, CO par du chlorure cuivreux ammoniacal. Les détails de ces analyses seront donnés dans une autre publication. La précision est de 0,2 à 0,4 pour 100. Je fais, entre autres corrections, celle qui est imposée par la présence de vapeurs facilement condensables. Je compare pour cela les analyses d'une portion des gaz qui a circulé dans un serpentin refroidi à — 65° avec les analyses d'une portion non refroidie.

Résultats. — Les résultats suivants sont relatifs à un mélange de composition $C^6H^6 + 15O$, à une pression initiale de 1^{atm}, à une durée de chauffe de 2 heures. La température varie de 400° à 540° C., tandis que dans les mêmes conditions j'observe l'explosion du mélange vers 575° à 585°.

J'ai obtenu les courbes qui donnent les proportions relatives de O^2,

---

(1) Bourguel, Gredy et Piaux, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 129.

(2) Séance du 3 avril 1933.

de CO^2 et de CO en volumes pour 100, abstraction faite d'un résidu de 1 à 1,8 pour 100 (1 à 1,4 pour 100 d'azote). L'oxydation ne devient importante qu'au-dessus de 420°; c'est surtout entre 435° et 485° qu'elle croît

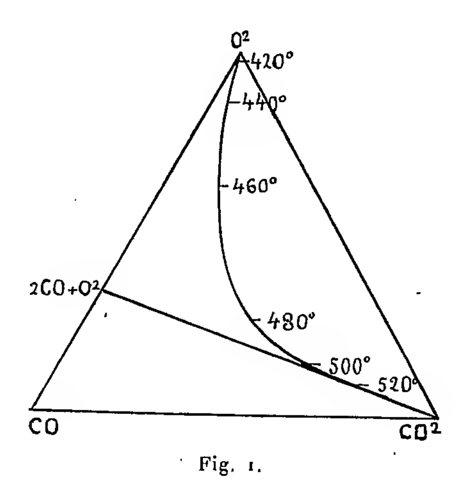


Fig. 1.

rapidement. La teneur en CO^2 croît sans cesse tandis que la teneur en CO d'abord supérieure à la teneur en CO^2 jusque vers 473° passe par un maximum de 32 à 33 pour 100 vers 477°. La figure 1 utilisant les coor-

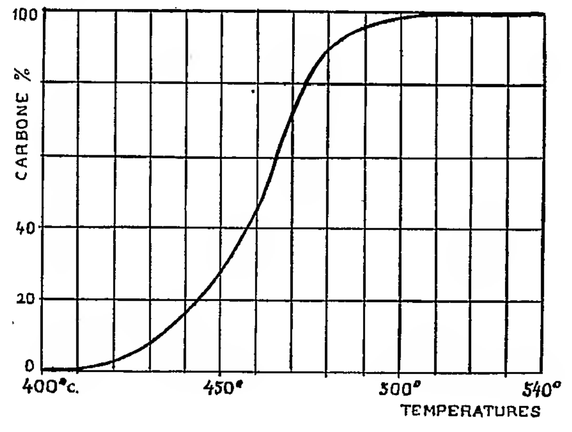


Fig. 2.

données triangulaires condense les trois courbes en une seule cotée en fonction de la température. A partir de 510° environ, la courbe se confond avec la droite CO^2, $2CO + O^2$ qui représente l'oxydation de CO.

La figure 2 donne la masse de carbone dans CO et CO^2 rapportée à

la masse de carbone contenue dans le benzène. A partir de 510° environ, tout le benzène est oxydé, ce qui est en accord avec la courbe de la figure 1.

La figure 3 donne le volume d'oxygène fixé et le volume d'oxygène contenu dans CO et CO^2. Si l'on fait l'hypothèse simple que l'hydrogène uni au carbone oxydé à l'état de CO et CO^2 a été transformé en eau, on retrouve à 1 pour 100 près la courbe donnant l'oxygène fixé au total. La précision de ces expériences ne dépassant pas 1 pour 100, l'oxygène fixé sous une forme autre que H^2O (ou H, OH) échappe à ces analyses. Je puis affirmer qu'il n'y en a pas plus de 1 pour 100. De 430° à 480° j'ai observé des liquides jaunes clairs, d'odeur irritante, lacrymogène, en très petite quantité.

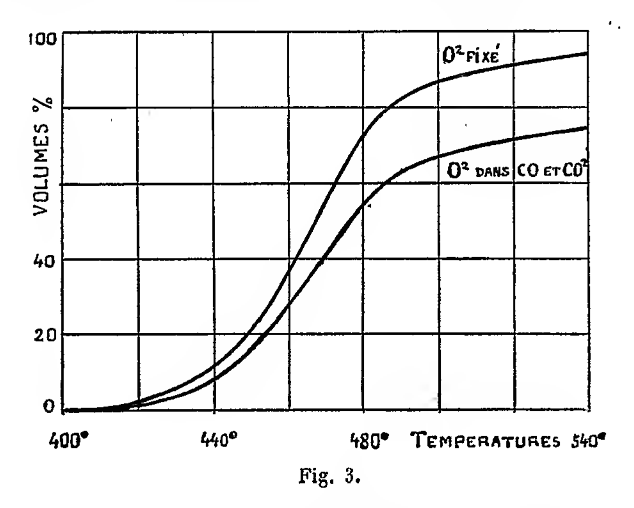


Fig. 3.

La pression varie peu au cours d'une expérience; d'ailleurs une augmentation de 10 pour 100 sur la pression initiale n'influe pas sur les résultats.

Des expériences avec une durée de chauffe allant de 15 minutes à 8 heures sont en cours pour atteindre la vitesse de la réaction et son coefficient de température.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la* N-*hydroxyéthyl-α-pyridone et quelques-uns de ses dérivés.* Note de M. **J.-A. Gautier**, présentée par M. A. Béhal.

On doit à Decker [1] une réaction de transformation des halogéno-alcoylates de pyridine (I) en N-alcoyl-α-pyridones sous l'action oxydante de

[1] *J. prakt. Chem.*, 47, 1893, p. 29; Decker et Kauffmann, *ibid.*, 84, 1911, p. 425.

$Fe(CN)^6K^3$ en milieu alcalin. D'après Decker, ces sels quaternaires réagissent sous la forme de leurs hydrates (II) qui subissent une transposition en donnant des « cyclaminols » (III); ceux-ci sont alors oxydés régulièrement en pyridones (IV).

```
    CH                CH                CH                   CH
HC/  \\CH         HC/  \\CH         HC/  \\CH            HC/  \\CH
HC\\  //CH   →    HC\\  //CH   →    HC\\  /CH OH    →    HC\\  /CO
    N                 N                 N                    N
   / \               / \                |                    |
  Cl  R             OH R                R                    R
   (I).              (II).             (III).               (IV).
```

Plus tard, Kauffmann ([1]) proposa pour les N-alcoyl-α-pyridones la constitution (V) et la discrimination n'a pas été définitivement établie entre ces deux dernières formules. Il m'a semblé intéressant, dans le but d'étudier la constitution de ces corps, d'avoir entre les mains des α-pyridones diversement substituées à l'azote, et, à l'instigation de M. Sommelet, j'ai cherché à obtenir les α-pyridones N-hydroxyalcoylées, qui, à ma connaissance, n'ont pas encore été préparées. Les résultats consignés ici se rapportent à la N-hydroxyéthyl-α-pyridone (VI).

```
    CH                CH
HC/  \\CH         HC/  \\CH
HC\\  //C         HC\\  /CO
    N—O               N — CH² — CH² — OH
    |                     (VI).
    R
   (V).
```

J'ai obtenu cette base à partir du chlorhydrate d'hydroxyéthylpyridinium

$$C^5H^5N\begin{cases}Cl\\CH^2-CH^2OH\end{cases}.$$

Ce composé, préparé en condensant $ClCH^2 - CH^2OH$ avec la pyridine, avait déjà été signalé par plusieurs auteurs ([2]); seul Coppola le décrit,

---

([1]) KAUFFMANN, *D. Ch. G.*, 36, 1930, p. 1062.

([2]) COPPOLA, *Gazetta chim. Italiana*, 15, 1885, p. 333; ROITHNER, *Monatsh. für Chemie*, 15, 1894, p. 668; LITTERSCHEID, *Archiv der Pharmacie*, 240, 1902, p. 77; GABRIEL, *D. Ch. G.*, 53, 1920, p. 1985.

après une purification probablement incomplète, comme formant des cristaux déliquescents à odeur de pyridine; d'après Gabriel il fond à 125-126°. J'ai pu obtenir ce chlorhydrate pur et l'ai trouvé parfaitement inodore. F. 128-129°.

La N-*hydroxyéthyl-α-pyridone* est préparée par la méthode de Decker légèrement modifiée. Le chlorhydrate est traité par $Fe(CN)^6K^3$ et NaOH, en refroidissant; la liqueur, neutralisée, est évaporée à sec dans le vide et le résidu épuisé par $CHCl^3$; rendement = 85 pour 100.

Cette pyridone, F. 92°, est très soluble dans l'eau, soluble dans les solvants organiques, toutefois peu dans C^6H^6 froid et à peine dans l'éther et l'éther de pétrole. $FeCl^3$ la colore en rouge.

Je n'ai pu obtenir aucun dérivé avec les réactifs du groupement carbonyle, ce qui confirme la non-réactivité du CO pyridonique, déjà signalée par différents auteurs.

Par contre, la N-hydroxyéthyl-α-pyridone réagit : 1° par sa fonction azotée; 2° par sa fonction alcoolique.

1° Elle donne, traitée en solution dans $CHCl^3$ par HCl gazeux, un *chlorhydrate* $C^7H^9O^2N$, HCl, déliquescent; en milieu alcoolique, avec $AuCl^3 + HCl$, un *chloroaurate*, cristaux jaune foncé retenant deux molécules d'alcool, $[C^7H^9O^2N, HCl]\ AuCl^3$, $2C^2H^5OH$, F. 92°; avec $PtCl^4 + HCl$, le *chloroplatinate* $[C^7H^9O^2N, HCl]^2PtCl^4$, cristaux orangés en milieu aqueux, poudre orangée en milieu alcoolique, toujours obtenu anhydre, F. vers 205° (déc.); enfin j'en ai préparé, en milieu chloroformique, le *picrate* $C^7H^9O^2N$, $C^6H^2(NO^2)^3OH$, F. 103°.

2° Traitée par $OCN.C^6H^5$, elle donne à froid (rendement théorique) la *phényluréthane* $C^6H^5-NH-CO^2(CH^2)^2-N=(C^5H^4O)$, F. 132°, presque insoluble dans l'eau et l'éther, soluble dans les autres solvants organiques; $FeCl^3$ la colore en rouge.

Cette phényluréthane donne elle-même un *chlorhydrate*, déliquescent; en milieu alcoolique, elle donne le *chloroplatinate* $[C^{14}H^{14}N^2O^3, HCl]^2PtCl^4$, $2C^2H^5OH$, jaune chamois. F. vers 150° (déc.), perdant vers 100° ses deux molécules d'alcool de cristallisation en fondant dès lors vers 200° (déc.).

Par simple contact avec C^6H^5COCl, sans solvant, la N-hydroxyéthyl-α-pyridone donne, avec mise en liberté d'HCl, le *dérivé benzoylé*

$$C^6H^5-CO^2-(CH^2)^2-N=(C^5H^4O),$$

F. 118°, presque insoluble dans l'eau, l'éther et l'éther de pètrole, soluble

dans les autres solvants organiques; $FeCl^3$ le colore en rouge; il se dissout dans HCl dilué sans qu'on ait pu en isoler le chlorhydrate.

En milieu alcoolique, il donne le *chloroplatinate* $[C^{14}H^{13}O^3N, HCl]^2PtCl^4$, $2C^2H^5OH$, jaune citron, F. vers 225° (déc.), perdant vers 100° son alcool de cristallisation.

Ces recherches sont poursuivies en vue d'obtenir d'autres pyridones à fonction alcoolique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les deux triphényl-*1.2.3-*propanols*-1-*diastéréo-isomères. Obtention exclusive de chacun d'eux à partir des oxydes de stilbène et d'isostilbène.* Note de M. **F. Kayser**, présentée par M. A. Béhal.

L'action des dérivés organomagnésiens sur les oxydes d'éthylène semble, en général, s'effectuer exclusivement suivant l'un ou l'autre des deux modes réactionnels suivants. Tantôt ces oxydes fonctionnent comme s'ils avaient subi une isomérisation préalable en aldéhydes ou en cétones, celles-ci réagissant alors sur les organomagnésiens pour former des alcools secondaires ou tertiaires ([1]); tantôt les oxydes d'éthylène paraissent fixer l'organomagnésien sur l'atome d'oxygène et ce n'est que secondairement que le pont oxydique subit une rupture avec fixation du radical sur l'atome de carbone dont l'oxygène s'est détaché. Appliquée à l'oxyde d'éthylène (époxyéthane), cette dernière reaction conduit à des alcools primaires d'après le schéma suivant ([2]) :

$$\begin{matrix} CH^2\text{—}CH^2 \\ R\text{—}O\text{——}MgX \end{matrix} \rightarrow R\text{—}CH^2\text{—}CH^2\text{—}OMgX \rightarrow R\text{—}CH^2\text{—}CH^2OH.$$

Je me suis proposé d'étudier l'action du chlorure de magnésium benzyle sur les deux diastéréoisomères du diphénylépoxyéthane symétrique, l'oxyde stilbène et l'oxyde d'isostilbène et j'ai constaté qu'on obtient ainsi chacun des deux diastéréoisomères du triphényl-1.2.3-propanol-1 $C^6H^5(C^6H^5\text{—}CH^2)CH\text{—}CHOH\text{—}C^6H^5$ dont la fonction alcool secondaire, prouvée par son oxydation acétochromique, montre que la réaction s'est effectuée suivant le deuxième mode indiqué ci-dessus. J'ai constaté, d'autre part,

(1) L. Henry, *Comptes rendus*, 145, 1907, p. 21, 406 et 455; Tiffeneau et Fourneau, *Comptes rendus*, 141, 1905, p. 662; Tiffeneau et Jeanne Lévy, *Bull. Soc. chim.*, 45, 1929, p. 582.

(2) Grignard, *Comptes rendus*, 136, 1903, p. 1260.

que chacun des deux oxydes étudiés fournit exclusivement l'un des deux alcools diastéréoisomères correspondants. Le simple examen des schémas projetés montre qu'il ne peut en être autrement. En effet, si l'on considère d'abord l'oxyde inactif par nature, dérivant de l'isostilbène (cis), on voit que, puisque sa structure est symétrique, la rupture de l'oxygène oxydique doit se produire pour 50 pour 100 à droite et pour 50 pour 100 à gauche formant ainsi l'un des deux alcools diastéréoisomères à l'état racémique :

C^6H^5 C^6H^5 — H, H — R, OH ← R MgX (50 % rupture à gauche) — C^6H^5 C^6H^5 — H, H — O — R MgX → (50 % rupture à droite) — C^6H^5 C^6H^5 — H, H — OH, R

Oxyde d'isostilbène inactif par nature.

Quant à l'autre oxyde, le dédoublable, qui dérive du stilbène éthylénique trans, on peut, par des schémas analogues (¹) constater qu'il ne peut fournir que l'autre alcool diastéréoisomère, soit à l'état de racémique si l'on est parti de l'oxyde racémique, soit à l'état optiquement actif si l'on est parti d'un oxyde actif.

J'ai pu en effet montrer expérimentalement qu'en faisant agir le chlorure de magnésium benzyle sur les deux diphénylépoxyéthanes diastéréoisomères, on obtient les deux alcools secondaires diastéréoisomères prévus par la théorie, tous deux étant dans ce cas des racémiques et chacun d'eux étant fourni exclusivement par chaque diastéréoisomère du diphénylépoxyéthane symétrique.

Action du chlorure de magnésiumbenzyle sur l'oxyde de stilbène. — L'oxyde de stilbène (F. 69-70°) obtenu par oxydation penbenzoïque du stilbène (F. 124°) est ajouté peu à peu au chlorure de magnésiumbenzyle en solution éthérée. Après décomposition par l'eau, on isole le β (²) triphényl-1.2.3-propanol-1 (F. 87°), C pour 100, 87,1; H pour 100, 7,0. Calculé : C pour 100, 87,5; H pour 100, 6,94. Phényluréthane (F. 121°,5). Dérivé acétylé (F. 89°). Produit d'oxydation acétochromique : Benzyldésoxybenzoïne (F. 121°).

(¹) Faute de place ces schémas ne figurent pas ici; ils offrent cependant l'avantage de montrer que pour cet oxyde dérivé du trans-stilbène, l'action du magnésien, pour chaque antipode, conduit au même alcool actif correspondant, quel que soit le sens de la rupture, celle-ci pouvant être, par conséquent, soit unilatérale (100 pour 100), soit bilatérale et avec des proportions égales ou variables.

(²) Les désignations α et β ont été adoptées en se basant sur un autre mode de formation de ces diastéroisomères qui sera publié prochainement en collaboration avec M. Tiffeneau et Jeanne Lévy.

Action du chlorure de magnésiumbenzyle sur l'oxyde d'isostilbène. — L'isostilbène provenant de l'hydrogénation catalytique du tolane a été oxydé par l'acide perbenzoïque et l'oxyde obtenu (F. 42°) ajouté peu à peu au chlorure de magnésiumbenzyle en solution éthérée. Après décomposition par l'eau on isole exclusivement l'α-triphényl-1.2.3-propanol (F. 92°) qui est diastéréoisomère du précédent fusible à 87°. C pour 100, 86,62; H pour 100, 7,33. Calculé : C pour 100, 87,5; H pour 100, 6,94. Phényluréthane (F. 125°). Dérivé accétylé (F. 70°). Produit d'oxydation acétachromique : benzyldésoxybenzoïne (F. 121°).

Conclusion. — Chacun des deux alcools diastéréoisomères

$$C^6H^5(C^6H^5CH^2)\,CH.\,CHOH.\,C^6H^5$$

a pu être obtenu à l'état racémique, l'un par action du chlorure de magnésium benzyle sur l'oxyde d'isostilbène inactif, l'autre par action du même réactif sur l'oxyde de stilbène racémique. Leur oxydation conduit à la même cétone, la benzyldésoxybenzoïne.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un complexe iodo-argento-benzoïque, et son application à l'oxydation des combinaisons éthyléniques en α-glycols.* Note de M. **Charles Prévost**, présentée par M. Delépine.

Une solution benzénique d'iode réagit sur le benzoate d'argent sec en suspension dans le benzène selon l'équation quantitative

$$2C^6H^5.CO^2Ag + I^2 = (C^6H^5.CO^2)^2AgI + IAg.$$

Le complexe $(C^6H^5.CO^2)^2AgI$, dont il semble prématuré de donner une formule développée, moins soluble dans le benzène à froid qu'à chaud, cristallise par refroidissement de sa solution benzénique, décantée à chaud pour en séparer l'iodure d'argent. C'est un solide blanc jaunâtre s'il a subi une altération partielle par suite de la présence dans ce cas d'iodure d'argent

Les solutions benzéniques sont altérées par l'air humide, mais le solide desséché est relativement stable.

Il se comporte comme un puissant oxydant qui libère quantitativement à froid et en solution neutre l'iode de l'iodure de potassium selon l'équation

$$(C^6H^5.CO^2)^2AgI + 2IK = I^2 + IAg + 2C^6H^5.CO^2K.$$

Il oxyde à l'ébullition l'alcool éthylique en un mélange d'aldéhydes

parmi lesquels existe probablement l'aldéhyde crotonique; il oxyde les sels ferreux en sels ferriques, et les hyposulfites en sulfates.

L'eau le détruit lentement à froid, rapidement à l'ébullition avec formation d'acide benzoïque, d'iodure d'argent et d'oxygène; ce dernier n'est pas libéré immédiatement à l'état moléculaire, car la liqueur reste longtemps oxydante vis-à-vis de l'iodure de potassium.

Mais la propriété la plus importante du complexe iodo-argento-benzoïque est sa décomposition en présence des combinaisons éthyléniques selon l'équation

$$(C^6H^5.CO^2)^2AgI + R - CH = CH^2 \rightarrow IAg + R.CH(O.CO.C^6H^5).CH^2(O.CO.C^6H^5),$$

d'où une méthode générale pour passer des combinaisons éthyléniques aux α-glycols correspondants. La méthode n'est pratique que si l'on n'isole pas le complexe iodo-argento-benzoïque. La réalisation courante consiste à arroser de benzène un mélange contenant deux molécules-grammes de benzoate d'argent, une molécule-gramme d'un dérivé monoéthylénique, et deux atomes-grammes d'iode.

Avec certains dérivés éthyléniques, la réaction est presque instantanée à froid; avec d'autres, il est nécessaire de porter à la température d'ébullition du benzène pendant des temps variant de 1 à 50 heures.

La réaction ainsi faite prête à critique, car on peut objecter que l'iode sature la double liaison, la formation de l'éther dibenzoïque n'étant que le résultat d'une double décomposition entre l'iodure du dérivé éthylénique et le benzoate d'argent. Peut-être ce mécanisme concourt-il à la formation du dibenzoate, mais ce n'est qu'une réaction accessoire, car j'ai vérifié que le rendement n'est pas modifié lorsqu'on n'ajoute le composé éthylénique qu'après réaction complète de l'iode sur le benzoate d'argent. De plus, les rendements se montrent supérieurs à ceux obtenus par double décomposition entre les dibromures des dérivés éthyléniques (les diiodures n'étant pas stables) et le benzoate d'argent; enfin, la réaction est plus rapide.

Il ne s'agit pas non plus de la fixation de peroxyde de benzoyle, dont la formation transitoire ne peut être écartée *a priori*, sur les liaisons éthyléniques, car j'ai vérifié que le peroxyde de benzoyle ne se fixe pas dans les conditions expérimentales réalisées.

Le rendement est excellent avec les combinaisons monoéthyléniques $R - CH = CH^2$ ($>$ 90 pour 100), il est de plus de 60 pour 100 avec le biallyle; les éthers allyliques du type $R - CH = CH - CH^2.O.CO.C^6H^5$ donnent un rendement supérieur à 70 pour 100; enfin les éthers acryliques

$R - CH = CH - CO^2.C^2H^5$ conduisent à un rendement de 35 pour 100. Il est d'ailleurs à remarquer que, dans les trois derniers cas, plusieurs stéréoisomères sont possibles, le rendement donné correspond au plus abondant d'entre eux qui, seul, a pu être isolé pur.

Le complexe iodo-argento-benzoïque permet ainsi non seulement la synthèse des glycols, mais celle des érythritols et des glycérols monosubstitués $R.CHOH.CHOH.CH^2OH$, ou trisubstitués $R.COOH.CHOH.C(OH)R'^2$, ces derniers résultant de l'action de l'organomagnésien R'MgBr sur les éthers $R - CH(O.CO.C^6H^5).CH(O.CO.C^6H^5)CO^2.C^2H^5$.

En particulier, j'ai pu, en collaboration avec M. Gimel, réaliser la synthèse du stycérol cristallisé $C^6H^5.CHOH.CHOH.CH^2OH$.(F.99°,5); les stycérols étaient jusqu'ici décrits comme des liquides épais incristallisables.

Le complexe iodo-argento-benzoïque réagit également sur les dérivés bromoéthyléniques $R - CH = CHBr$, sur les dérivés acétyléniques $R - C \equiv CH$, sur les érythréniques $R - CH = CH - CH = CH^2$. Mais des expériences faites dans le cas où R est le radical phényle n'ont pas conduit à des résultats aussi simples que dans le cas des combinaisons monoéthyléniques et diéthyléniques envisagées. Les recherches de ce côté sont poursuivies, mais il apparaît d'ores et déjà que l'oxydation des doubles liaisons par la méthode exposée permettra des synthèses que les méthodes classiques ne pouvaient réaliser par suite des difficultés de séparation des mélanges réactionnels. Les benzoates qui cristallisent facilement, pour lesquels l'alcool ordinaire est un excellent solvant, et qui se saponifient aisément, paraissent les intermédiaires de choix pour la synthèse des polyols.

MINÉRALOGIE. — *Lapis-lazuli et rubis balais des cipolins afghans.* Note [1] de M. J. **Barthoux**.

Les gneiss et schistes métamorphiques s'étendent, en Afghanistan, de Ghazni au 38ᵉ degré de latitude Nord, donc sur une longueur de plus de 500^{km}. Dans ce massif complexe, partout où affleurent les gneiss, apparaissent des cipolins en bancs épais dépassant 40^{m}, ou minces se succédant à faibles distances; enfin, si la roche est tourmentée, en lentilles irrégulières.

(1) Séance du 3 avril 1933.

Griesbach l'étudiant à Gandamak (Kala-i-Chir) en soupçonne l'âge crétacé ([1]). Les formations crétaciques de Khord Kaboul sont en effet métamorphisées, mais on n'y rencontre que des schistes tachetés, dernier terme de transformation des schistes au contact d'un magma granitique.

Les cipolins, qu'ils soient ou non dans des endroits tourmentés, sont souvent très minéralisés. C'est notamment en eux que se trouvent les gîtes de lapis-lazuli du Badakshan et le rubis balais de la même province ou de Djagdalik.

Le gîte de Lapis-lazuli se trouve exactement à une dizaine de kilomètres en aval de Robat, dans la Haute Koktcha. C'est de cet endroit que depuis une époque indéterminée on a retiré l'outremer car le minéral est par places si pur qu'il a pu servir de couleur. Celle-ci varie, en effet, avec sa pureté, car il est mélangé d'autres minéraux qui la ternissent. Les indigènes ont d'ailleurs distingué trois variétés commerciales : bleu clair ou *nili*, bleu azur ou *asmani* et bleu vert ou *sabzi*.

John Wood ([2]) donne la situation précise du gîte. On extrayait alors d'énormes blocs de cette pierre qu'on transportait à Kaboul ou à Faiz-Abad. Une galerie, maintenant murée par les soins du gouvernement afghan, longue, au dire des indigènes, d'environ 300^m est ouverte à mi-hauteur sur le flanc droit de la vallée dans un banc de cipolin disposé suivant un pli couché. Le minéral y étant en imprégnations qui arrivent à se substituer entièrement à la roche encaissante, on creusait jusqu'à ce que soit atteint un endroit convenant par sa couleur. On allumait ensuite à ce niveau un feu de brindilles d'osier dont la chaleur dissociait le calcaire sans altérer le minéral précieux et le lendemain, après avoir aéré la galerie, on détachait le bloc repéré.

Au large des amas de minéral apparaissent souvent, sur la masse blanche du cipolin, de très beaux cristaux de lazurite de la forme b^1 (101) atteignant $0^m,015$ de diamètre. Comme on jetait en bas de la vallée les blocs retirés de la galerie, il n'est pas rare de trouver de jolis cristaux isolés, détachés des éclats, parmi les débris recouvrant le flanc de la montagne.

Dans les imprégnations du minéral comme dans les cipolins, on voit des lamelles de phlogopite de couleur blanche, de la humite sans forme

(1) *Field notes* (*Records Geol. Survey of India*, 25, 1891, p. 71).

(2) *A Personnal Narrative of a Journey to the Source of the River Oxus*, London, 1841 (*Mines de Lapis-lazuli*, p. 263-266, de rubis, p. 315).

extérieure cristalline, de la forstérite, le plus souvent sans forme mais que sa cassure hyaline fait aisément discerner des autres minéraux.

Au-dessous des cipolins un banc de calcaire chargé de matières organiques contient la plupart de ces minéraux.

La forstérite est par places bien cristallisée et les cristaux, séparés par une attaque aux acides dilués, se montrent aplatis suivant g^1 et de la forme $g^1(010)$, $g^3(120)$, $e^1(011)$, $e^{\frac{1}{2}}(021)$, $a^1(101)$, $a^{\frac{1}{2}}(201)$. Certains d'entre eux atteignent $0^m,02$.

La phlogopite est en lamelles généralement ovales et sans formes cristallines. Toutefois les cristaux en s'épaississant tendent vers la forme $p(001)$, $b^{\frac{1}{2}}(111)$, $g^1(010)$ que l'on trouve d'ailleurs dans les calcaires noirs, imprégnées de pigment charboneux, développée en longueur et maclée suivant p; l'extinction commune des deux parties montre que le plan des axes est rigoureusement perpendiculaire à la base.

La présence de la pyrite dans la lazurite en rehaussant sa couleur rendait ce minéral encore plus précieux. Elle est de la forme p, mais apparaît le plus souvent en taches informes.

Le rubis balais provenait autrefois du Ghâran de la rive droite de l'Oxus, près du village de Siz. On en retirait d'énormes octaèdres dépassant $0^m,02$ de taille, d'un rose violacé et d'une transparence un peu nébuleuse.

Non loin de là, rive gauche du fleuve, on extrayait, des gneiss grenatifères, de l'almandin connu sous la dénomination persane de *lâl*.

Un autre gîte, peut-être plus important que le premier, était exploité en carrière à Djagdalik, entre Kaboul et Djelal-Abad.

Les cipolins redressés verticalement contiennent ici des spinelles en abondance et de toutes couleurs, mais le plus souvent roses, blancs laiteux ou hyalins. Les plus gros étaient recherchés comme gemmes. Avec eux, l'on trouvait du corindon rose dont les cristaux, gênés dans leur cristallisation, sont sans forme extérieure nette. Les plus petits sont basés, avec $p(10\bar{1}1)$, $a^1(0001)$, $d^1(11\bar{2}0)$, $e^3(22\bar{4}3)$. Ces petits prismes, examinés avec attention, se montrent souvent constitués par une juxtaposition d'isocéloèdres donnant, comme au Coupet, une succession d'angles rentrants et saillants qui, dans le gisement français, répondent à la forme $z(22\bar{4}1)$. Leurs faces, dans nos cristaux, sont trop irrégulières pour permettre des mesures précises.

A ces rubis sont associés les minéraux suivants : humite, chondrodite, phlogopite, fuchsite, rutile, sphène, hématite et pyrite.

Le diopside est réparti dans le cipolin en minuscules cristaux de la forme $p(001)$, $h^1(100)$, $g^1(010)$, avec ou sans $m(110)$ et $a^1(\bar{1}01)$.

La pargasite apparaît, assez fréquente, en petits cristaux de couleur vert émeraude isolés ou rassemblés en nids mélangés à de la phlogopite. Ils n'ont jamais de pointements, mais seulement les formes $p(001)$, $m(110)$, $e^1(011)$, avec ou sans $h^1(100)$ et $g^1(010)$. Leur composition ci-dessous (analyse de M. Raoult) les rapproche de l'édenite d'Edenville :

SiO^2.	Al^2O^3.	Fe^2O^3.	Cr^2O^3.	FeO.	MgO.	CaO.	Na^2O.	K^2O.	TiO^2.	MnO.	$H^2O(+)$.	$H^2O(+)$.	Tot.
53,08	5,04	»	0,27	0,30	23,86	13,36	1,91	0,69	0,78	0,07	0,24	0,22	99,82

$d = 3,028$.

GÉOLOGIE. — *Note sur l'Oligocène et le Burdigalien de la Syrie septentrionale.* Note de Mlle **E. David**, transmise par M. Henri Douvillé.

Les matériaux rapportés de Syrie par MM. Louis Dubertret et Henri Vautrin en 1932 et que j'ai étudiés sous la direction de M. Henri Douvillé fournissent de nombreux Orbitoïdes (Lépidocylines et Miogypsines). L'ensemble de ces faunes permet de compléter la stratigraphie du pays; il témoigne de l'existence de l'Oligocène marin dans les chaînes palmyréennes et du Burdigalien marin, dans la vallée de l'Afrine (au nord-est d'Antioche) et sur la côte méridionale du Liban.

Oligocène des chaînes palmyréennes. — Le Djebel Abiad, situé au nord-ouest de Palmyre, montre une succession de craies et de calcaires crayeux. Des matériaux prélevés vers la base de la coupe contiennent : *Nummulites Fabianii* Prev., *Eulepidina dilatata* Mich., et *Lepidocyclina* cf. *Soebandi* V. d. V.

Nummulites Fabianii est une forme en général priabonienne, mais elle peut persister jusque dans l'Oligocène. Les deux Lépidocyclines n'apparaissent qu'avec le Stampien et persistent jusque dans le Burdigalien. L'association des trois formes ne peut donc avoir eu lieu qu'à l'Oligocène. Cet étage est représenté au Djebel Abiad par des bancs de craie poreuse qui reposent sur un calcaire à Échinides, Éocène supérieur ou Oligocène; ils sont recouverts de calcaires burdigaliens dont la faune échinitique est identique à celle du Burdigalien de Malte.

Ce faciès de l'Oligocène semble être assez limité. Dans le Djebel Bichri, à une centaine de kilomètres à l'est du Djebel Abiad, où les sédiments présentent d'une manière générale un faciès moins profond, des grès à

Nephrolepidina cf. *Tournoueri* P. Lem. et R. Douv. et à *Eulepidina* cf. *dilatata* Mich., occupent la position de la craie oligocène du Djebel Abiad et semblent en représenter un équivalent latéral. Dans la vallée de l'Euphrate, à Kelaat Jaber, une craie poreuse renferme également *Nephrolepidina Tournoueri* et occupe une position stratigraphique semblable; elle aussi doit correspondre à la craie du Djebel Abiad. L'Oligocène serait donc représenté tantôt par des dépôts éloignés du rivage, tantôt par de véritables formations côtières.

Burdigalien de la vallée de l'Afrine. — Quelques Échinides et *Pecten* mal conservés, mais semblables à ceux du Burdigalien du désert syrien, trouvés par M. L. Dubertret dans des calcaires crayeux de la vallée de l'Afrine (Bassout) l'ont amené à croire à l'existence d'affleurements burdigaliens dans cette région. Les microfaunes déterminées dans les roches rapportées confirment cette supposition. Elles contiennent, en effet : *Miogypsina globulina* Mich., *M.* cf. *irregularis* Mich., *M.* cf. *polymorpha* Rutten, *Heterostegina costata* d'Orb. et quelques Lépidocyclines.

Cette faune est particulièrement remarquable par la présence des Miogypsines qui n'avaient pas encore été signalées en Syrie. Le calcaire crayeux burdigalien repose sur un banc de calcaires à *Alveo lina subpyrenaica* Leym. et est recouvert par des calcaires poreux probablement helvétiens.

Burdigalien de la côte méridionale du Liban. — Au cours de levées géologiques dans le Liban sud, M. Dubertret remarqua au-dessus de Haïsaran (à 15^{km} au sud de Saïda) des calcaires crayeux jaunâtres, apparemment concordants sur des craies à lits de silex, éocènes; il soupçonna là des formations miocènes et me confia des échantillons. La roche est formée surtout de Globigérines; il s'y rencontre aussi *Operculina complanata* Defr. et des Lépidocyclines identiques à celles que je viens de signaler dans la vallée de l'Afrine. Les faciès des deux gisements sont en tous points comparables, et ceci nous conduit à considérer les formations de Haïsaran comme burdigaliennes. Le Burdigalien n'avait pas encore été trouvé sur les côtes syriennes et libanaises. Le gisement de Haïsaran serait à rapprocher des affleurements burdigaliens découverts récemment par M. G. S. Blake dans le sud de la Palestine.

Conclusions. — L'étude des grands Foraminifères rapportés de la Syrie septentrionale nous permet de signaler pour la première fois :

a. Des formations marines oligocènes en Syrie (dans la région de Palmyre).

b. Des Miogypsines entraînant l'existence du Burdigalien marin dans la vallée de l'Afrine (nord-est d'Antioche) où l'on ne connaissait jusqu'ici que du Vindobonien.

c. Des Lépidocyclines dans le Liban; elle conduisent à préciser l'âge burdigalien des formations de Haïsaran, or seul le Vindobonien était connu jusqu'ici sur les côtes syriennes et libanaises.

GÉOLOGIE. — *Sur l'inclinaison des lames de granite dans le massif du Mont Blanc.* Note de MM. **P. Corbin** et **N. Oulianoff**, présentée par M. Ch. Jacob.

On sait combien la « structure en éventail » du massif du Mont Blanc a fixé l'attention des géologues. Celle-ci reposait sur l'idée que la surélévation du Mont Blanc aurait été accompagnée du renversement des couches de roches schisteuses, ainsi que des lames, de granite sur les deux bordures Nord-Ouest et Sud-Est du massif. Or, si ce renversement des couches se manifeste de toute évidence sur la bordure Nord-Ouest, il n'en est pas de même pour la bordure Sud-Est (arête franco-italienne). Nous renvoyons, pour l'historique de cette question, au travail de Joseph Vallot [1], qui, en s'appuyant sur ses observations personnelles, a cherché aussi lui-même à éclaircir le problème de l'éventail et est arrivé à la conclusion parfaitement juste que la structure en éventail n'existe pas dans le massif du Mont Blanc, sauf dans une région très limitée, celle du Col du Géant, et là encore avec de très sérieuses réserves.

Il est d'ailleurs curieux de constater que l'attention des observateurs s'est toujours portée sur les deux bordures du massif, tandis que l'on n'admettait, pour la zone centrale, que le changement graduel de la position des lames de granite.

Or nos recherches sur le terrain, pour l'établissement de la carte géologique détaillée du massif du Mont Blanc, nous ont permis d'accumuler un grand nombre d'observations sur la structure du granite, ainsi que sur les failles, les diaclases et les zones d'écrasement qui le sillonnent. Nous avons constaté qu'à part des cassures orientées Nord-Est-Sud-Ouest (cassures alpines), il existe aussi des zones de mylonitisation à orientation her-

(1) *Paléologie des régions centrales du massif du Mont Blanc*, Guide Vallot, 1925.

cyniene, soit, en moyenne, Nord-Sud. Toutefois, les effets du mouvement alpin dominent les manifestations des orogénèses anciennes.

Le mécanisme de la surélévation, au Tertiaire, de la masse gigantesque du Mont Blanc est maintenant clair : elle résulte d'un empilement oblique des lames qui glissaient les unes sur les autres déterminant ainsi des zones d'écrasement. D'une façon générale, ces lames sont plus penchées près de la bordure Nord-Ouest, se redressant jusqu'à la verticalité dans le voisinage de la bordure Sud-Est.

Toutefois, si l'on examine en détail les changements qu'accuse la position des lames de granite, on constate que les variations sont plus complexes. En voici deux exemples :

En suivant la muraille des Droites et des Courtes qui relie l'Aiguille Verte à l'Aiguille de Triolet, on remarque que les lames de granite plongent au Sud-Est dans le secteur Aiguille-Verte-les-Droites. Elles se redressent dans les Droites et le plongement passe au Nord-Ouest dans la région du Col des Cristaux. Plus loin encore, c'est-à-dire dans la direction de l'Aiguille de Triolet, les lames de granite sont de nouveau redressées et, dans le massif de l'Aiguille de Triolet elle-même, le plongement est au Sud-Est, très voisin toutefois de la position verticale.

Le second exemple se rapporte à l'arête frontière franco-suisse dans la partie entre l'Aiguille d'Argentière et le Mont Dolent. Ici le plongement habituel au Sud-Est s'inverse dans le massif du Tour Noir, où les lames de granite plongent au Nord-Ouest. Dans les deux directions, vers l'Aiguille d'Argentière et le Mont Dolent, les lames de granite se redressent et tendent ensuite au plongement vers le Sud-Est.

Mais ces variations dans le plongement des lames de granite n'ont aucun rapport avec le prétendu éventail du Mont Blanc, car des observations détaillées fournissent l'explication de ce phénomène. On peut constater, en effet, en plusieurs points, que les lames d'un granite plus sain, intact, ne sont nullement limitées par des surfaces planes. Ce sont souvent des lentilles ou des coins limités par de zones convergentes d'écrasement.

De superbes exemples de cette structure s'observent dans les parois de l'arête Ouest de l'Aiguille de Pierre-Joseph, sur la rive gauche du glacier du Talèfre. Dans ces lentilles, le plongement des lames change exactement comme celui décrit dans les deux exemples précédents. Les axes d'allongement de ces lentilles plongent au Sud-Est. Sur la bordure septentrionale, le plongement Sud-Est est encore plus accusé. Par contre, sur la bordure

méridionale, les lames d'écrasement sont ou verticales ou plongeant au Nord-Ouest.

Les variations du plongement des lames de granite dans les arêtes des Droites et des Courtes, ainsi que dans les parois du massif du Tour Noir, révèlent donc l'existence, dans ces régions, de gigantesques lentilles ou coins de granite, semblables à ceux que l'on peut voir, en petit, dans les parois de l'Aiguille Pierre-Joseph.

PHYSIOLOGIE. — *Études sur les effets biologiques des ultra-pressions; action des pressions très élevées sur les bactériophages et sur un virus invisible (virus vaccinal).* Note de M. **James Basset**, Mme **E. Wollman**, MM. **M.-A. Machebœuf** et **M. Bardach**, présentée par M. E. Roux.

Dans une Note antérieure, deux d'entre nous ([1]) ont étudié l'action des pressions élevées sur des bactéries, des diastases et des toxines Il était intéressant d'étendre ces recherches aux bactériophages et aux virus invisibles, éléments dont la nature demeure encore obscure.

Bactériophages. — Les expériences ont porté sur les bactériophages du *Staphylocoque*, du *Bacille typhique* et du *Bacillus subtilis*. Ces bactériophages furent exposés dans des récipients appropriés et dans les conditions de stérilité bactériologique aux diverses pressions pendant une durée de 45 minutes, les témoins étant conservés dans les mêmes conditions de température.

Les divers bactériophages que nous avons étudiés se sont tous montrés sensibles aux pressions élevées, comme on pouvait s'y attendre, le bactériophage staphylococcique plus labile que les autres (chaleur et conservation) s'est montré aussi être le plus sensible à l'action de la pression. C'est ainsi qu'un bactériophage staphylococcique d'un titre lytique égal à 10^{-8} ne lysait plus qu'à 10^{-6} après avoir été soumis à 1000 atmosphères et ne manifestait plus aucune activité, même à 10^{-1} après une exposition de 45 minutes à 3000, voire à 2000 atmosphères.

Cette sensibilité à la pression du bactériophage staphylococcique est assez curieuse. En effet, en confirmation des données antérieures ([1]), le Staphylocoque employé ici n'est tué que lorsque la pression atteint 5000

([1]) J. Basset et M.-A. Machebœuf, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1431.

ou 6000^{atm}, alors qu'il est moins résistant que son bactériophage à l'action de la plupart des agents physiques ou chimiques.

Les bactériophages du *Bacille typhique* et du *Bacillus subtilis* se sont montrés moins labiles à la pression que celui du Staphylocoque, ils gardent la plus grande partie de leur activité après avoir été comprimés à 2000^{atm} et même à 4500^{atm}, leur destruction totale n'étant obtenue qu'à 7000^{atm}.

Lorsqu'on soumet les bactériophages aux pressions élevées non plus seuls mais en présence des bactéries correspondantes, l'effet nocif de la pression semble être diminué. C'est ainsi que le bactériophage staphylococcique, en présence de Staphylocoques, a résisté pendant 45 minutes et même pendant 2 heures à 3000 atmosphères; dans quelques expériences il a même gardé une faible activité (10^{-1}) après avoir été comprimé à 4500 atmosphères pendant 45 minutes. Les résultats sont les mêmes qu'on se serve d'un Staphylocoque sensible ou résistant au bactériophage employé. De même, un bactériophage typhique comprimé en mélange avec le Bacille typhique à 7000 atmosphères pendant 45 minutes s'est encore montré actif à 10^{-1}.

Virus vaccinal. — Un virus vaccinal très virulent pour le lapin (1 pour 5000000) a résisté pendant 45 minutes à 1800 atmosphères (inoculation positive à 1 pour 100000), mais fut inactivé après une exposition de même durée à 4500 atmosphères.

Ainsi, dans nos expériences, la résistance à la pression des bactériophages s'est montrée être du même ordre que celle d'un virus invisible (virus vaccinal) et très inférieure à celles des diastases et des toxines étudiées jusqu'ici à ce point de vue par deux d'entre nous (1). Pour inactiver les diastases ou les toxines microbiennes, il faut en effet que la pression dépasse 10000 atmosphères.

BIOLOGIE. — *L'anhydrobiose désertique et son influence sur le cycle annuel du criquet pèlerin* (Schistocerca peregrina). Note (2) de M. E. **Roubaud**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Le criquet pèlerin, sous sa forme grégaire migratrice, constitue des bandes d'invasion qui débordent périodiquement les régions désertiques pour envahir les régions avoisinantes de son aire de dispersion. La marche

(1) *Loc. cit.*

(2) Séance du 27 mars 1933.

périodique de ces invasions est surtout bien connue pour les régions nord-africaines où elle peut être résumée comme suit :

Les bandes migratrices, arrivant du Sahara à l'état sexué immature, envahissent les provinces cultivées de l'Afrique du Nord vers les premiers mois de l'année. La ponte se produit dans les territoires envahis, au printemps et au début de l'été. Les criquets de la génération nouvelle se développent sur place jusqu'à l'état ailé, mais les observations s'accordent pour constater que quelques jours après avoir atteint leur stade définitif, au cours de l'été, ces criquets de nouvelle génération, pourvus d'ailes, émigrent de nouveau vers les régions sahariennes avant d'avoir développé leur ponte, et la destinée exacte de cette génération qui retourne au Sahara n'est pas connue.

Se basant sur le fait que, dans les élevages effectués au laboratoire, les criquets nés en Algérie sont capables de se reproduire au bout de 40 à 50 jours après la métamorphose, J. Künckel a admis la possibilité d'une génération automnale développée au Sahara après la migration et la ponte de la génération nord-africaine. Il y aurait alors deux générations annuelles pour l'insecte, l'une saharienne, l'autre nord-africaine (ou soudanaise pour les parties plus méridionales de la zone d'habitat). Pour d'autres auteurs (P. Vayssière), il n'y aurait, au contraire, qu'une seule génération avec une longue diapause imaginale.

Les expériences que j'ai pu réaliser à l'Insectarium de l'Institut Pasteur de Paris, avec le concours de G. Bouet, me permettent d'appuyer cette dernière conception.

J'indiquerai tout d'abord qu'en captivité, les criquets maintenus en air humide (au moins à 50 pour 100 d'état hygrométrique) et à la chaleur peuvent parvenir rapidement et sans arrêt à la reproduction, comme l'ont vu Künckel, et tout récemment P. Vayssière [1].

Des ailés nés à Paris, du 5 au 10 février, ont commencé à s'accoupler de 25 à 28 jours plus tard. Mais la mortalité résultant d'infections coccobacillaires est généralement d'autant plus forte dans les élevages que l'état hygrométrique est plus voisin de la saturation. Les criquets élevés en condition humide continue, sans avoir subi de période de repos, fournissent généralement des élevages précaires.

D'autre part, si l'on soumet des criquets parvenus à l'état adulte, mais encore sexuellement immatures, à des conditions de sécheresse continue,

---

[1] *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 94.

plus ou moins comparables à celles des régions désertiques, on les voit supporter parfaitement bien ces influences. La mortalité par infection cesse rapidement et les criquets maintenus en permanence à une haute température continue (30 à 40° C.) mais avec un état hygrométrique artificiellement abaissé à 35-40 pour 100, passent à une condition de latence très caractéristique : leur pigmentation n'évolue pas, l'activité alimentaire, d'abord très grande, se ralentit lentement tandis que l'évolution sexuelle se montre complètement suspendue dans les deux sexes ; les insectes peuvent ainsi être conservés pendant des mois en anhydrobiose sans parvenir à la maturité sexuelle.

Si l'on reporte en air humide des criquets maintenus ainsi pendant plusieurs mois à l'état latent par une anhydrobiose sévère, à haute température, on les voit rechercher la vaporisation humide, puis, sous peu de jours, recouvrer l'activité et passer à l'accouplement et à la ponte.

L'arrêt complet de l'évolution sexuelle provoqué par la sécheresse de l'air m'a permis de conserver expérimentalement à l'état immature, jusqu'aux premiers mois de l'année suivante, des criquets nés de pontes printanières recueillies par G. Bouet en Algérie, et de les amener ensuite à la ponte en les replaçant en air humide. Plusieurs lots de ponte furent même obtenus en février-mars d'une seule femelle née en mai de l'année précédente.

Ainsi, sous l'influence de la sécheresse de l'air, les criquets ailés immatures peuvent être retardés dans les manifestations normales de leur activité reproductrice jusqu'au printemps de l'année suivante, époque où dans la nature s'observent les nouvelles invasions et les pontes.

Les effets de la sécheresse désertique se bornent-ils à assurer simplement la conservation d'une année à l'autre des bandes de migration ? Je pense que le séjour au désert des criquets migrateurs exerce sur la physiologie des essaims une action beaucoup plus importante encore. De l'état actuel de mes recherches, je crois pouvoir déduire que les générations rapides obtenues sans l'intervention de l'arrêt d'anhydrobiose perdent le caractère *gregaria* pour prendre le type *dissocians* ou *flaviventris;* c'est-à-dire que leur puissance métabolique expansive tend à se perdre pour les ramener au type solitaire. Dans mon esprit, l'anhydrobiose désertique, qui correspond à un repos réactivant, a également pour effet de conserver aux bandes de migration leur puissance expansive, et leur métabolisme grégarien suractif. C'est grâce à leur migration réactivante au désert, que les bandes grégaires parviennent à conserver pendant plusieurs générations leur fécondité

et leur activité métabolique maxima, sans faire immédiatement retour à la forme sédentaire ou aux formes intermédiaires d'activité métabolique plus restreinte.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Le phénomène de Merget peut être produit par la vaporisation de corps solides.* Note ([1]) de M. **H. Bordier**, présentée par M. d'Arsonval.

Je rappelle brièvement que la thermodiffusion consiste dans ce fait qu'un corps poreux humide soumis à un échauffement suffisant devient le siège d'un mouvement de sortie de l'eau d'imbibition, à l'état de vapeur, qui provoque en sens contraire un mouvement de rentrée du gaz ambiant affluant par tous les pores superficiels et s'accumulant à l'intérieur sous pression; en sorte que si l'on a scellé dans le bloc un tube abducteur il se dégage par ce tube des bulles gazeuses jusqu'à ce que ce bloc soit sec.

En opérant avec divers liquides volatils, j'ai pu démontrer la continuité du phénomène de Merget ([2]) sans faire intervenir le moindre échauffement du bloc poreux, en prenant des liquides à point d'ébullition ne dépassant pas 40°, comme l'éther éthylique, le chlorure d'éthyle, etc. La réalisation de ce phénomène à la température ordinaire m'a conduit à rechercher si la thermodiffusion ne se produirait pas en introduisant dans la masse poreuse des corps solides facilement vaporisables et pris à un état de grande division. J'ai pensé aux corps qui m'avaient permis autrefois d'obtenir par la condensation de leur vapeur au sein d'une masse d'eau une pseudo-solution (colloïdale) comme le camphre, l'iode, etc.

Pour imprégner les espaces capillaires du bloc poreux avec le corps solide étudié, j'ai pris ce corps à l'état dissous dans un solvant très volatil, comme l'éther, dont la vaporisation produit elle-même à la température ordinaire un dégagement gazeux par thermodiffusion : la solution est introduite à l'intérieur de la masse de façon à l'imprégner dans toutes ses parties. Le bloc est alors fixé dans un support, l'extrémité du tube abducteur plongeant dans une cuve à eau : l'éther en se volatilisant, produit ausitôt la rentrée de l'air ambiant sous pression et des bulles gazeuzes commencent à se dégager.

Pour étudier la thermodiffusion par le corps solide introduit dans la

([1]) Séance du 27 mars 1933.

([2]) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 819.

masse poreuse, il fallait que le bloc soit d'abord débarrassé complètement du dissolvant : on reconnait que tout l'éther a disparu de deux façons qui se complètent l'une l'autre : 1° par la cessation du dégagement gazeux et 2° par la perte de poids du bloc préalablement pesé à l'état sec et après introduction de la solution.

1° *Thermodiffusion avec le camphre.* — On a fait dissoudre 3g de camphre en poudre dans 15cm³ d'éther : le bloc pèse alors 411g; à l'état sec, son poids était de 398g. L'augmentation de poids est donc de 13g.

On dispose le bloc poreux comme il a été dit; on voit alors le dégagement gazeux commencer aussitôt et se poursuivre régulièrement pendant près de 2 heures, la température du laboratoire étant de 19°. Le poids du bloc n'est plus que de 401g, ce qui correspond bien aux 3g de camphre introduit (401g-398g); l'éther a donc été entièrement volatilisé. Dans ces conditions, si un dégagement gazeux se produit quand on échauffera le bloc, on ne pourra l'attribuer qu'à la volatilisation du camphre.

J'ai cherché tout d'abord à provoquer la thermodiffusion par l'échauffement par les ondes courtes en plaçant le système entre les plateaux condensateurs reliés à un appareil fournissant 30 millions de périodes par seconde (1). Mais il ne s'est produit, dans ces conditions, aucun dégagement gazeux, la température atteinte par le bloc n'avait pas dépassé 35°.

J'ai alors disposé le bloc sur un petit réchaud à gaz en maintenant l'extrémité du tube abducteur dans de l'eau et en imprimant au bloc un mouvement de rotation continu. Au bout de 4 à 5 minutes, des bulles d'air ont commencé à apparaître et sont devenues de plus en plus nombreuses à mesure que l'échauffement est devenu plus intense : la durée du phénomène a été de 45 minutes environ; une forte odeur de camphre s'était répandue dans la pièce, mais les bulles gazeuses dégagées sentaient à peine le camphre. Le bloc avait, à la fin de l'expérience, retrouvé son poids initial de 398g, ce qui indique que le phénomène de Merget à pris fin quand tout le camphre a été volatilisé grâce à l'échauffement du bloc dans toutes ses parties.

2° *Thermodiffusion avec l'iode.* — On a fait dissoudre 1g,50 d'iode dans 12cm³ d'éther : la solution est introduite dans la masse poreuse par le tube abducteur; le poids du bloc est passé alors de 398g à 406g. Placé dans un support et l'extrémité du tube plongeant dans de l'eau, le système ne tarde pas à présenter la thermodiffusion due à la vaporisation de l'éther. Après 1 heure 20 minutes les bulles cessent : le poids du bloc est à ce moment-là

(1) Voir *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 255.

de $399^g,50$, ce qui prouve que tout l'éther s'est évaporé et qu'il reste $1^g,50$ d'iode (399,50-398).

Le bloc est alors disposé comme dans l'expérience précédente sur le petit réchaud à gaz : les bulles d'air se dégagent plus tardivement qu'avec le camphre, mais elles deviennent régulières et durent pendant plus d'une demi-heure. Après leur cessation, le poids du bloc est de 398^g, ce qui indique que tout l'iode s'est volatilisé.

Ces expériences prouvent donc bien que le phénomène de Merget peut être réalisé, non seulement avec des liquides volatils, mais aussi avec des corps solides facilement vaporisables.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Synthèse de cellulose par l'*Acetobacter xylinum *à partir de la mannite et de la sorbite.* Note de Mme **Y. Khouvine**, présentée par M. G. Bertrand.

Depuis les travaux de G. Bertrand (1) on connaît l'importance de l'oxydation biochimique par la bactérie du sorbose ou *Acetobacter xylinum.* Certains alcools plurivalents sont transformés en sucres cétoniques tandis que la bactérie forme une membrane composée d'environ 90 pour 100 de cellulose pure.

H. L. A. Tarr et H. Hilbert (2) ont déjà étudié le rendement en cellulose à partir de divers glucides et corps voisins, mais n'ont pas cherché à connaître le mécanisme de la synthèse. C'est ce mécanisme que nous voudrions élucider en fournissant à l'*Acetobacter*, comme substances nutritives, divers alcools plurivalents. Nous donnons ici les résultats obtenus avec la mannite et la sorbite en calculant les bilans de tous les produits retrouvés et les bilans de carbone.

Les cultures ont été faites avec une décoction de levure de boulangerie (Springer) à 5^g d'extrait sec par litre. 200^{cm^3} d'eau de levure sont additionnés de 6^g de l'alcool étudié, stérilisés à l'autoclave vingt minutes à 110-$115°$ dans un flacon jaugé en verre pyrex d'environ 5 litres et ensemencés avec une parcelle de zooglée prise sur une culture de quelques jours. Le flacon est bouché non seulement par un tampon de coton cardé,

---

(1) G. Bertrand, *Ann. Chim. Phys.*, 8e série, 3, 1904, p. 181.

(2) H. L. Tarr et H. Hibbert, *Can. J. Research*, 4, 1931, p. 372-388.

mais aussi par un bouchon de caoutchouc muni d'une soupape permettant à l'air d'entrer et non aux gaz de sortir. Par une tubulure latérale on peut faire les prises de gaz. Les rentrées d'air se font régulièrement sans qu'il y ait surpression.

La réaction du milieu est prise avec l'électrode de quinhydrone avant et après la culture. Pour les témoins, elle ne varie pas; le pH reste voisin de 7; pour les cultures, il peut descendre jusqu'à 6,5 avec la sorbite et 4,5 avec la mannite. L'acidité totale, pour la mannite, est égale environ au double de l'acidité volatile, tandis que ces deux acidités sont très voisines avec la sorbite. Nous exprimons, dans les calculs, l'acidité en acide acétique. Le dosage de l'alcool est fait par la méthode de M. Martin; le sucre est dosé par la méthode de G. Bertrand et les gaz avec l'appareil Laulagnie-Plantefol. La membrane est pesée, sèche, après expression et lavages à l'eau bouillante.

Les résultats que nous donnons ci-dessous se rapportent à six cultures de trois semaines, une de quinze jours, une de onze jours sur mannite et sur sorbite.

	O^2 restant.	CO^2.	Sucre.	Membrane.	Acide.	Alcool.	Total.
	%	mg	mg	mg	mg	mg	mg
Mannite 11 jours......	18,98	65	618	150	6	–	–
Mannite 15 »	11,87	412	2777	760	23	–	–
Mannite 21 »	3,4	1056	3357	1150	42	9	–
Sorbite 11 »	20,18	10	366	17	–	–	–
Sorbite 15 »	18,36	68	2530	51	14	–	–
Sorbite 21 »	19,2	358	5649	100	35	17	–

Exprimés en alcools transformés ces chiffres donnent :

Mannite 11 jours......	–	45	624	156	6	–	831
Mannite 15 »		284	2807	762	23	–	3876
Mannite 21 »		727	3404	1152	43	–	5326
Sorbite 11 »		6	370	16	–	–	392
Sorbite 15 »		46	2558	50	12	–	2666
Sorbite 21 »		246	5706	99	34	–	5985

si nous supposons que :

$$C^6H^{14}O^6 + 11\,O = 6\,CO^2 + 5\,H^2O,$$
$$C^6H^{14}O^6 + O = C^6H^{12}O^6 + H^2O,$$
$$C^6H^{14}O^6 + O = C^6H^{10}O^5 + 2\,H^2O,$$
$$C^6H^{14}O^6 + O = 3\,CH^3COOH + H^2O$$

et si nous retranchons 10,8 pour 100 du poids de la membrane brute, chiffre qui correspond en protéide à 1,8 pour 100 d'azote qu'elle contient d'après R. Sutra [1].

Les bilans de carbone ont été faits en dosant le carbone dans le témoin, dans la culture, dans la membrane brute où il atteint 45 pour 100 du poids sec et en calculant le carbone contenu dans les autres corps retrouvés.

	CO^2.	Poids sec.	Membrane.	Acide.	Alcool.	Carbone total retrouvé.	Carbone total du témoin.
	mg	mg	mg	mg	mg		
Mannite 11 jours...	17	2574	75	2	–	2668	2750
Mannite 15 » ...	112	2329	384	9	–	2834	2713
Mannite 21 » ...	287	1931	517	17	4	2756	2770
Sorbite 11 » ...	2	2709	8	–	–	2719	2761
Sorbite 15 » ...	12	2720	23	5	–	2760	2761
Sorbite 21 » ...	97	2471	45	13	10	2635	2698

Ces chiffres permettent de dire que :

1° On retrouve pratiquement tout le carbone mis en culture.

2° Pour les cultures de 21 jours toute la sorbite est oxydée, tandis qu'il reste $0^g,674$ de mannite. Ceci s'explique par le fait que l'oxygène est presque entièrement consommé avec la mannite. Il n'en reste en moyenne que 3,4 pour 100, quelquefois même 0,15 pour 100, tandis qu'il reste toujours au moins 10 pour 100 d'oxygène avec la sorbite. Ceci nous montre aussi que l'*Acetobacter xylinum* est capable d'utiliser l'oxygène à de très faibles pressions sans qu'on puisse remarquer de différence dans son action.

3° Le poids de cellulose produit avec la mannite est de 19,11 pour 100, avec la sorbite il est de 1,66 pour 100; le poids de sucre est avec la mannite de 54,95 pour 100 et de 88,96 pour 100 avec la sorbite dans des cultures de 21 jours. Enfin l'*Acetobacter xylinum* brûle d'une façon banale plus de mannite que de sorbite puisqu'on a dans le premier cas 17,6 p. 100 de CO^2, et dans le deuxième 5,96 pour 100.

Tous les corps retrouvés sont formés par oxydation; on peut penser que l'énergie ainsi libérée est suffisante pour permettre à l'*Acetobacter xylinum* de former synthétiquement de la cellulose à partir de la mannite et de la sorbite.

---

(1) R. Sutra, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 181.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *L'ammoniophanérèse pancréatique*. Note de
MM. **Michel Polonovski**, **Paul Boulanger** et **Gaston Bizard**, présentée par M. A. Desgrez.

Nous avons établi que le rein libérait l'ammoniaque aux dépens d'un composé intermédiaire, en démontrant que, même après injection d'une solution de carbonate d'ammonium dans la circulation générale, le taux de l'ammoniémie était considérablement plus élevé dans la veine rénale que dans l'artère correspondante, et ce malgré l'augmentation notable de l'ammoniurie. Cette *ammoniophanérèse* paraît indépendante de l'élimination ammoniacale urinaire, qui est, elle, beaucoup plus étroitement liée à l'élimination des radicaux acides.

Nous avons cherché si d'autres organes ne participaient pas de cette propriété : nous nous sommes adressés à cet effet au pancréas.

Chez un chien de taille moyenne, nous recueillons, après injection de sécrétine, du suc pancréatique par fistulisation et cathétérisme du canal de Wirsung, avant son entrée dans la paroi intestinale. Après avoir prélevé du sang dans l'artère fémorale et dans la veine pancréatico-splénique, le plus près possible de la tête du pancréas, nous injectons dans une veine périphérique une solution de $CO^3(NH^4)^2$ à 5^g pour 100, à des doses variant de 10 à 20^{cm^3}, toutes les dix minutes. Nous récoltons pendant ce temps le suc pancréatique et nous terminons par des prises de sang simultanées dans l'artère fémorale et la veine pancréatico-splénique, après ligature des veines mésaraïques et gastriques, en évitant tout reflux du sang intestinal. Nous avons également recueilli du sang, soit dans la veine fémorale ou jugulaire, soit d'une veine rénale ou mésaraïque.

Le suc pancréatique contient normalement un taux d'ammoniaque voisin de celui du sang artériel : de $0^{mg},13$ à 2^{mg} par litre, suivant le débit du suc. Ces teneurs restent sensiblement les mêmes lorsque le suc est sécrété sous l'influence d'une injection de pilocarpine. Après l'introduction de sel ammoniacal dans la circulation générale, le suc pancréatique s'enrichit en ammoniaque, mais les valeurs trouvées sont toujours de l'ordre de grandeur de celles qu'on a, au même moment, dans le sang artériel.

Taux d'azote ammoniacal en milligrammes par litre dans le suc pancréatique du chien.

Chiens n°..	116.	122.	124.	125.	126.	127.	128.	129.	132.	133.	135.	137.
I.........	2,2	1,1	0,52	0,72	0,10	2,6	0,12	1,2	0,42	0,9	0,39	1,2
II........	2,5	2,3	2,7	3,7	2,1	3,6	1,0	2,0	0,61	1,9	1,2	2,6

I. Normal. — II. Après injection de $CO^2(NH^4)^2$.

Mais, phénomène en tous points comparable à celui que nous avons signalé au niveau du rein, le taux d'ammoniaque de la veine efférente du pancréas est notablement supérieur à celui de l'artère, et cette différence est encore très accrue après les injections de sel d'ammonium, alors que le sang de la veine fémorale est au contraire moins riche en NH^3.

N_{NH^3} *en milligrammes par litre,*

Chiens n°..................	123.	124.	125.	126.	127.
Sang artériel.................	1,1	1,1	1,4	1,4	1,4
Veine pancréatique..........	1,2	2,7	1,9	1,3	2,3

Après injection de $CO^3(NH^4)^2$.

Chiens n°.........	116.	117.	118.	119.	122.	124.	125.	126.	127.	129.
Sang artériel.........	11,5	8,2	10,4	8,4	6,2	7,7	4,2	2,1	7,0	8,8
Veine pancréatique...	21,4	15,6	13,2	11,9	8,1	15,4	4,9	3,3	9,2	14,0
Veine fémorale.......	–	–	–	6,0	6,6	3,5	2,2	1,7	6,0	–

Le sang de la veine pancréatico-splénique accuse même une teneur en NH^3 souvent supérieure à celle du sang de la veine rénale prélevé au même instant :

Chiens n°.........	118.	128.	130.	132.	133.	135.	137.
Sang artériel.........	10,4	3,4	7,7	2,2	4,6	3,5	3,6
Veine pancréatique...	18,2	8,6	8,9	4,2	12,5	5,7	8,0
Veine rénale.........	15,2	6,2	10,6	2,6	13,5	4,9	7,9

De peur que, malgré nos précautions opératoires, du sang de provenance intestinale ne se mêle au sang pancréatique et ne soit l'origine de la forte teneur en NH^3 de ce dernier, nous avons comparé les taux en ammoniaque des veines pancréatiques et mésaraïques après injection de $CO^3(NH^4)^2$:

Chiens n°	147.	149.	150.	152.
Artère fémorale	16,5	11,6	15,5	–
Veine pancréatique	18,5	15,7	23,9	16,8
Veine mésaraïque	9,6	12,4	19,2	12,1

L'augmentation constatée dans le sang pancréatico-splénique est donc bien d'origine pancréatique. On peut en conclure que, si l'élimination de l'ammoniaque a un taux de concentration supérieur à celui du sang reste une fonction essentiellement rénale, l'ammoniophanérèse est un phénomène physiologique d'ordre plus général.

MÉDECINE. — *Mesures de la température à l'intérieur de l'œuf se trouvant dans le champ électrique des ondes ultracourtes.* Note [1] de M. **A. Jellinek**, présentée par M. d'Arsonval.

Partant des travaux fondamentaux de d'Arsonval (1893) prouvant que les ondes de haute fréquence avaient la propriété d'influencer à distance les processus vitaux, j'ai soumis à cette action de jeunes Souris et des œufs de Perroquet.

Je les ai laissés constamment dans le champ de haute fréquence (ondes entretenues de 3^m de longueur, courant de 0,4 ampère entre plateaux du condensateur) [2].

J'ai répété cette deuxième expérience pour étudier la question de température, sous laquelle les œufs peuvent se développer. Dans la première série d'expériences, publiée dans la Note précédente, la température *externe* mesurée au champ électrique par un thermomètre à alcool était 26°C. La deuxième eut pour but de mesurer la température *interne* des œufs pendant leur séjour dans le champ oscillant. La température était mesurée par méthode thermo-électrique et de sorte qu'une extrémité de l'élément thermo-électrique fût introduite dans l'intérieur de l'œuf; naturellement, après cette mesure, faite par M. v. Benz et MM. Hofbauer et Honigmann, l'incubation fut définitivement interrompue. Ce mesurage montra une température de 28-29°C., à peu près de 2° plus élevée que la tempéra-

---

(1) Séance du 27 mars 1933.

(2) *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 1030.

ture ambiante. Dans un de ces œufs ayant été exposés pendant 10 jours aux ondes ultracourtes (3^m), on trouve, après ce mesurage, un embryon de la grandeur d'une lentille, le chorion couvert d'un réseau rempli de vaisseaux d'un rouge vif, ardent, dans lesquels on pouvait au microscope discerner les globules rouges, tout à fait normaux.

Bien que cette deuxième expérience ait concordé avec la première, il était nécessaire d'examiner si ces œufs de Perroquet, dans une *couveuse*, pouvaient être portés à développement à une température de 30°C. Ces expériences ont démontré que ces œufs, comme tous les œufs d'oiseaux, ne pouvaient éclore qu'à une température de 39°C. à l'intérieur de couveuse, naturellement pas exposée aux ondes ultracourtes.

Ces expériences ont démontré que dans le champ oscillant des œufs étaient portés à développement *à* 29°*C.*, température à l'*intérieur* des œufs.

Il serait intéressant de savoir le véritable rôle biologique joué par les ondes ultracourtes, dont l'effet *calorique* est bien connu par des expériences diverses; pourtant, dans mes expériences, leur rôle calorique *n'a pas été* prouvé, du moins par mesurage thermo-électrique; si les ondes ultracourtes agissent comme un *relais* (biomotorique, biochimique) ou d'une autre manière quelconque, les expériences ultérieures auront pour but de le rechercher.

En tout cas, cette deuxième série d'expériences faites sur œufs prouve que l'idée émise par d'Arsonval (1893), savoir que l'*action principale* des ondes ne consiste pas en chaleur, mais en *action spécifique*, a trouvé un nouvel argument.

La séance est levée à $15^h 35^m$.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de mars 1933.

Les maîtres d'une génération. *Pierre Duhem*, par Pierre Humbert. Paris, Librairie Bloud et Gay, 1933; 1 vol. 19cm,5.

Les Colloïdes. Manuel de Chimie colloïdale, par H. R. Kruyt. Paris, Librairie Félix Alcan, 1933; 1 vol. 24cm.

Les applications de la théorie des probabilités aux sciences économiques et aux sciences biologiques. Tome III : *Théorie mathématique de l'assurance invalidité et de l'assurance nuptialité. Définitions et relations fondamentales*, par Henri Galbrun. Fasc. IV. Paris, Gauthier-Villars, 1933; 1 vol. 25cm,5.

Exercices d'analyse. Tome III : *Équations différentielles*, par Gaston Julia. Paris, Gauthier-Villars, 1933; 1 vol. 25cm.

Comptes rendus de l'Association des Anatomistes, publiés par le Professeur Remy Collin. XVIIe Réunion (Nancy, 21-23 mars 1932). Nancy, Imprimerie Georges Thomas, 1932; 1 vol. 25cm,5.

Le secret de Java est-il la cure d'altitude?, par J. Costantin. Extrait de *La Nature*, du 1er mars 1933, no 2900.

Le Collège de France (1530-1930). *Livre jubilaire composé à l'occasion de son quatrième centenaire*, par A. Lefranc, P. Langevin, C. Matignon, M. Delépine, L. Cayeux, E. Gley, H. Vincent, A. Mayer, E. Fauré-Fremiet, J. Jolly, P. Janet, H. Bergson, M. Marion, P. Hazard, A. Meillet, C. Fossey, A. Moret, S. Lévy, A. Loisy, H. Maspero, R. Cagnat, G. Millet, J. Loth, E. Faral, A. Mazon. Paris, Les Presses universitaires de France, 1932; 1 vol. 28cm,5.

La chimie du cancer, par A. H. Roffo et Joseph Thomas. Paris, Vigot frères, 1933; 1 vol 25cm.5. (Présenté par M. Charles Richet.)

Trois problèmes : l'Espèce, l'Instinct, l'Homme, par Émile Devaux. Paris, E. Le François, 1933; 1 vol. 25cm,5.

Traité de Chimie minérale. Tome IV : *Antimoine. Bismuth. Vanadium. Niobium. Tantale. Bore*, par G. Champetier, A. Chrétien, A. Lalande, M. Picon, H. Pied, P. Renaud;

Tome IX : *Étain. Plomb. Thallium. Manganèse. Rhénium. Fer*, par A. Bruillet, G. Chaudron, A. Colani, Cl. Duval, M. Geloso, P. Pascal. Paris, Masson et Cie, 1933; 2 vol. 26cm.

Quelques considérations sur les constructions géométriques, par Maurice d'Ocagne. Extrait de la *Revue générale des sciences*. Paris, Gaston Doin et Cie, 1933; 1 fasc. 29cm,5.

Bibliographie géologique de l'Afrique Équatoriale française, du Cameroun et des régions limitrophes, par MARCEL E. DENAEYER. Extrait du Tome V des *Annales de l'Académie des sciences coloniales*. Paris, Sociétés d'Éditions géographiques, maritimes et coloniales, 1933; 1 vol. 31cm.

Études sur les Rudistes. Révision des principales espèces d'Hippurites, par H. DOUVILLÉ. Mémoire nº 6, des *Mémoires de la Société géologique de France. Paléontologie*. Paris, Librairie polytechnique Baudry et Cie, 1890. Reproduction fac-similé; 1 vol. 33cm.

(*A suivre.*)

ERRATA.

(Séance du 27 mars 1933.)

Note de MM. *E. Carrière* et *R. Lautié*, Dosage de l'acide sulfureux et des sulfites alcalins par le permanganate de potassium :

Page 933, ligne 3 de la Note, *au lieu de* LIAUTÉ, *lire* LAUTIÉ.
Page 934, ligne 3, *au lieu de* 3^{cm^3}, *lire* 3^{cm}.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 18 AVRIL 1933.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES RICHET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉOLOGIE. — *Sur le prolongement en Haute-Savoie et en Suisse des unités structurales des Alpes dauphinoises.* Note (1) de MM. **M. Gignoux** et **L. Moret.**

En commençant par les plus externes, ces unités, définies dans deux Notes précédentes (2), sont :

1° *Zone dauphinoise.* — Il nous paraît vain de vouloir rechercher dans les zones subalpines françaises les équivalents directs des nappes helvétiques. Nous savons en effet, comme M. Lugeon nous l'a appris, que seule la plus inférieure de ces dernières peut se suivre en territoire français : c'est la nappe de Morcles-Aravis; les plissements anticlinaux de son noyau de Malm montrent pour la dernière fois leurs charnières dans le Roc-Rouge, au-dessus d'Albertville; leur prolongement passerait en l'air au-dessus de Belledonne et obliquement par rapport à la direction générale de ce massif.

Vers l'extérieur, c'est-à-dire vers l'Ouest, et à partir du Col de Tamié, apparaissent de nouveaux plis : c'est la masse de l'Arclusaz, dont le bord chevauchant, aboutissant au Col du Frêne, au nord de Saint-Pierre-d'Albigny, se prolonge également vers le sud en l'air, au-dessus de Belledonne.

Puis c'est l'unité du Margériaz, dont le plan de chevauchement est très

(1) Séance du 3 avril 1933.

(2) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 830 et 1064.

net aux Déserts (Hauterivien sur Aquitanien) et dont les noyaux jurassiques sont plissés en accordéon dans le massif de Curienne-La Thuile. Un rameau encore plus externe correspond à la chaîne Semnoz-Revard-Nivollet-Chartreuse orientale; il se prolonge vers le Sud, en Vercors, par le pli-couché du Moucherotte. Là encore les extrémités méridionales de ces unités sont coupées obliquement par le sillon subalpin.

Entre Vif et Mens, le bord subalpin devient N-S, c'est-à-dire parallèle aux directions des *festons* que nous venons de décrire : aussi la falaise de Malm redoublée se poursuit-elle régulièrement tout le long de ce bord de Vif à Clelles.

Au contraire, entre Mens et Gap, dans le Bochaine et le Dévoluy, réapparaissent des festons plus internes, dus à l'ennoyage de Belledonne; mais leur prolongement vers le Nord, par-dessus l'immense soulèvement axial des massifs cristallins, dans la direction des Bauges, est impossible à retrouver; on peut toutefois noter de curieuses analogies de faciès entre les régions du Bochaine-Dévoluy et des Bauges (Ammonites pyriteuses dans les marnes valanginiennes, faciès à *Jéréminella Pfenderæ* Lugeon du Sénonien sup.). Vers le Sud, nos festons se continueraient par la zone complexe des écailles Gap-Digne.

En résumé, les zones externes delphino-savoisiennes nous apparaissent comme une *série de vagues ou de festons qui se relaient* : dans chacun d'eux on voit l'amplitude du chevauchement diminuer vers le Sud, en même temps qu'apparaît au-dessous de lui un feston plus externe qui lui succède. Comme on va le voir, nous serions tentés de retrouver un style analogue dans la structure des zones internes; et l'on pourrait ainsi considérer les festons des zones externes comme dus à la répercussion de ceux que nous décrirons dans les zones internes.

2° *Zone des écailles ultra-dauphinoises.* — Nous avons vu ces écailles bien développées dans le massif de Soleil-Bœuf; elles sont ici conservées grâce à l'ennoyage sud du massif cristallin; d'ailleurs entre la vallée de Champoléon et le Lautaret, la couverture autochtone de ce massif est réduite au Nummulitique directement transgressif sur le Cristallin; il n'y a donc plus là de quoi alimenter des écailles mésozoïques; tout se passe entre Nummulitique autochtone et zone du Flysch. Toutefois, entre ces deux formations, viennent s'intercaler au sud-est du Lautaret les écailles de calcaires triasiques et jurassiques décrites par J. Boussac dans sa coupe de La Madeleine. Au nord du Pelvoux on les retrouve dans les lames de Trias avec mylonites cristallines qui percent au nord-ouest du Col du Lautaret, sous

le massif des Aiguilles-d'Arves ou zone du Flysch ([1]). Puis ce sont les gigantesques injections triasiques du Pays des Arves (écailles du Charvin et lambeaux de recouvrement de Villarembert). Au nord de l'Arc, notre zone d'écailles passe par le ravin de Montandré, où une lame de quartzites triasiques apparaît emballée dans les gypses ([2]). Son passage au Col de la Madeleine et jusqu'à l'Isère n'a pas été étudié; mais plus au nord dans le vallon de Naves et surtout à Roche Parstire, on retrouve tout un empilement de lames décrites par H. Schoeller (*Thèse*, pl. VIII); ce laminage intense provient précisément de ce que la plus grande partie de la matière a été poussée en avant de la chaîne : c'est elle qui, décollée à partir du Callovo-Oxfordien, est venue former la nappe inférieure de Sulens; H. Schoeller a d'ailleurs insisté sur l'allure en biseau des écailles imbriquées qui forment ici la bordure ouest de la zone du Flysch. De fait, dans la région du Col de la Seigne, notre zone de racines est masquée par le charriage de la zone du Flysch sur l'autochtone dauphinois; puis, brusquement, elle réapparaît sur le versant italien du Mont Blanc, au Mont Chétif, où les géologues suisses s'accordent à voir les racines de leur nappe ultra-helvétique (voir la fin de notre précédente Note, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 830).

3° *Zone du Flysch.* — L'identité du Flysch de l'Embrunais et de celui du Niesen nous paraît résulter des études de J. Boussac et de E. Haug, et les recherches récentes ne font qu'accentuer les analogies de ces deux formations. Dans l'Embrunais, le Flysch se montre lardé d'*écailles mésozoïques*, autrefois en grande partie désignées sous le nom de « Flysch calcaire »; de même, dans le Flysch du Niesen, les travaux de Lugeon, Andrau, Gagnebin, etc. montrent aussi l'existence de lames de nombreux terrains plus anciens que le Flysch développés sous des faciès analogues à ceux qu'ils présentent dans l'Embrunais.

Par contre, dans les synthèses classiques, on admet que la nappe du Niesen viendrait s'enraciner dans les parties internes, complètement métamorphiques, de la nappe du Grand-Saint-Bernard ([3]). Mais il devient dès lors impossible d'expliquer la présence de ces lames de Mésozoïque; aussi,

---

([1]) M. Gignoux et E. Raguin, *Découverte d'écailles cristallines au nord-ouest du col du Lautaret*, etc., en cours d'impression dans le *Bull. de la Soc. géol. de France*.

([2]) *Travaux du Lab. de Géol. de l'Univ. de Grenoble*, 15, III, 1931, p. 69, fig. 5.

([3]) A propos des « schistes de Casanna » de Gsteig, principal argument en faveur de cette origine sud-pennine, voir l'article de M. Gignoux et E. Raguin cité plus haut.

tout récemment, certains géologues suisses n'ont-ils pas hésité à les faire provenir d'au delà du grand géosynclinal pennin et à y voir de l' « Austro-alpin ». Pour nous, au contraire, c'est probablement dans le prolongement de la zone du Flysch de l'Embrunais, c'est-à-dire dans la bordure externe de la zone Sion-Val Ferret, encore si mal connue, qu'il conviendrait de rechercher les racines de la nappe du Niesen. De fait, plusieurs de nos collègues suisses en arrivent maintenant à souligner les étroites affinités de faciès de leur zone du Niesen avec les unités ultra-helvétiques (et en particulier la nappe du Laubhorn) et même avec les Préalpes médianes [1].

CORRESPONDANCE.

M. le **Maire de Dax** invite l'Académie à se faire représenter à la commémoration du *bimillénaire de la station thermale* de cette ville et à celle du *bicentenaire* de la naissance du *chevalier de Borda*, qui seront célébrées les 3, 4 et 5 juin 1933.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Jean Torlais. *Histoire des sciences. Réaumur et sa société.*

THÉORIE DES GROUPES. — *Le groupe fondamental des groupes compacts abstraits.* Note [2] de M. **D. van Dantzig**, présentée par M. Élie Cartan.

Dans la Note présente j'énoncerai quelques théorèmes sur les groupes topologiques compacts et connexes [3] les plus généraux, dont je donnerai les démonstrations élaborées d'autre part.

---

(1) Voir R. B. Mac Connell et M. de Raaf, *Eclogae geol. Helvetiae*, 22, n° 2, 1929, p. 95.

(2) Séance du 10 avril 1933.

(3) Dans la suite, j'omettrai ces trois adjectifs; dans quelques-uns des théorèmes, les deux derniers sont superflus ou bien peuvent être remplacés par d'autres, moins restrictifs. Aussi bien, on peut généraliser plusieurs des résultats en se rapportant aux espaces homogènes au lieu des groupes.

Un ensemble de points M sera dit *hodoïde* lorsque deux quelconques de ses points peuvent être unis l'un à l'autre par une image continue de l'intervalle $\mathcal{J}$ des nombres $0 \leqq t \leqq 1$, contenu dans M; *hodophore* lorsqu'il contient un ensemble hodoïde dense en lui, et *knastérien* lorsqu'il ne contient aucune image continue de $\mathcal{J}$.

THÉORÈME I. — *Le plus grand sous-groupe hodoïde $\mathfrak{H}$ d'un groupe $\mathfrak{G}$ est un sous-groupe invariant : le plus grand sous-groupe hodophore $\overline{\mathfrak{H}}$ l'est aussi.* Le groupe factoriel $\mathfrak{G}/\overline{\mathfrak{H}}$ est probablement knastérien.

Dans la suite supposons que $\mathfrak{G}$ soit hodophore. Soit $w^{\mathcal{J}} = \{w^t\}$ (¹) un *chemin*, c'est-à-dire une image univoque et continue de $\mathcal{J}$ dans $\mathfrak{G}$ (²), w^t l'image de $t \varepsilon \mathcal{J}$. Posons $(w_1 w_2)^t = w_1^t w_2^t$ et $(w_1^{-1})^t = (w_1^t)^{-1}$.

THÉORÈME 2. — *Les chemins constituent un groupe topologique* (³) *métrisable* $\mathfrak{W}_0$ (⁴). Ceux qui commencent en 1 (élément unité de $\mathfrak{G}$) (c'est-à-dire $w^0 = 1$) resp. qui commencent et finissent en 1 (c'est-à-dire $w^0 = w^1 = 1$) constituent un sous-groupe invariant fermé $\mathfrak{W}$ resp. $\mathfrak{K}$ de $\mathfrak{W}_0$. Aussi bien le composant $\mathfrak{C}$ de 1 dans $\mathfrak{K}$ et le plus grand sous-groupe hodophore $\mathfrak{C}_0$ de $\mathfrak{K}$ sont des sous-groupes invariants fermés de $\mathfrak{W}_0$.

Deux chemins w_1 et w_2 seront dits *homotopes* (ou *faiblement homotopes*) lorsque $w_1 w_2^{-1}$ appartient à $\mathfrak{C}$, et *fortement homotopes* lorsque $w_1 w_2^{-1}$ appartient à $\mathfrak{C}_0$. Le groupe $\mathfrak{F} = \mathfrak{K}/\mathfrak{C}$ sera dit le *groupe fondamental* de $\mathfrak{G}$ (groupe de connexion selon la terminologie de M. E. Cartan); le groupe $\mathfrak{U} = \mathfrak{W}/\mathfrak{C}$ sera dit le *groupe de recouvrement universel* de $\mathfrak{G}$ (⁵).

Lorsque $\mathfrak{G}$ est microconnexe et microcontrahible (« im kleinen zusammenhängend »), ces notions coïncident avec les notions connues correspon-

---

(¹) Les exposants $\mathcal{J}$ et t sont symboliques.

(²) Au lieu de $\mathcal{J}$, on peut prendre un ensemble compact M quelconque. Les images w^{M} constituent toujours un groupe topologique métrisable.

(³) Quant aux propriétés générales des groupes topologiques et à la terminologie, voir D. VAN DANTZIG, *Math. Ann.*, **107**, 1932, p. 587-626, cité *Z. T. A.*, 1.

(⁴) En désignant par $\varphi(x)$ la fonction métrisante de $\mathfrak{G}$ et par $\psi(w)$ celle de $\mathfrak{W}_0$, on peut par exemple poser $\psi(w) = \operatorname*{Max}_{0<t\leqq 1} \varphi(w^t)$. Par rapport à une définition analogue et à l'opération w_1^0, w_2 les classes connexes de chemins clos (commençant et finissant en un point donné a) homotopes d'un ensemble M *quelconque* constituent un groupe métrique o-dimensionnel $\mathfrak{F}_a$. Lorsque M est ou bien connexe et microconnexe ou bien homogène, $\mathfrak{F}_a$ est indépendant du choix du point a.

(⁵) Évidemment on pourrait aussi bien rapporter ces notions au groupe $\mathfrak{C}_0$ au lieu de $\mathfrak{C}$.

dantes [1]. Toujours le chemin $w_1^0 w_2$ qu'on obtient en parcourant d'abord $w_1 w_2^0$ et ensuite $w_1^1 w_2$ et le chemin $w_1 w_2$ sont fortement homotopes.

Théorème III. — *Le groupe* $\mathfrak{W}$, *donc aussi* $\mathfrak{U}$, *est connexe et microconnexe. Ceux des éléments* w *de* $\mathfrak{K}/\mathfrak{C}$ *qui possèdent un représentant avec* $\psi(w) \leqq \varepsilon$ *constituent un sous-groupe invariant de* $\mathfrak{K}/\mathfrak{C}$. Donc $\mathfrak{F}$ est $\mathfrak{B}_\nu$ — adique [2], donc o — dimensionnel, donc contenu dans le centre de $\mathfrak{U}$, donc abélien.

Théorème IV. — *Lorsque* $\mathfrak{U}$, *donc aussi* $\mathfrak{F}$, *est microcompact,* $\mathfrak{F}$ *est le produit direct d'un groupe discret* $\mathfrak{F}_1$ *et d'un groupe cantorien* [2] $\mathfrak{F}_2$; *le premier est le produit direct d'un nombre fini* ($\geqq 0$) *ou d'une infinité dénombrable de groupes cycliques, le dernier est le produit direct d'un nombre fini* ($\geqq 0$) *ou d'une infinité dénombrable de groupes-p-adiques et de groupes cycliques finis dont l'ordre est une puissance d'un nombre premier.*

Théorème V. — *Lorsque* $\mathfrak{G}$ *est microconnexe, la condition que* $\mathfrak{F}$ *soit microcompact est non seulement nécessaire, mais aussi suffisante pour que* $\mathfrak{U}$ *soit microcompact.*

Théorème VI. — $\mathfrak{G}$ *est obtenu en complétant* $\mathfrak{H}$ *qui est une image biunivoque, continue (mais en général non bicontinue) et isomorphe de* $\mathfrak{U}/\mathfrak{F}$, *donc image homoméomorphe* [3] *de* $\mathfrak{U}$.

Le groupe $\mathfrak{G}$ étant compact, il est métrisable [4]. Donc aussi son sous-groupe $\mathfrak{H}$ est métrisable. La fonction métrisante de $\mathfrak{H}$ peut être considérée comme une fonction continue sur $\mathfrak{U}$. Soient $f(x)$ une fonction continue quelconque sur $\mathfrak{U}$, T_ε l'ensemble des éléments τ de $\mathfrak{U}$ tant que $f(\tau x) - f(x) < \varepsilon$ pour tous les x de $\mathfrak{U}$. La fonction $f(x)$ sera dite *presque automorphe* ou *presque panpériodique*, lorsqu'il existe un ensemble *compact* $M_\varepsilon \subset \mathfrak{U}$, tant que $T_\varepsilon M_\varepsilon \supset \mathfrak{U}$. Dans ce cas, on peut supposer M_ε *fini*. (Lorsque $\mathfrak{U}$ est le groupe additif des nombres réels, les fonctions presque automorphes coïncident avec les fonctions presque périodiques de M. H. Bohr; les fonctions « presque doublement périodiques » qu'on obtient lorsque $\mathfrak{U}$ est le groupe additif des nombres *complexes* ne semblent pas encore avoir été étudiées.)

Théorème VII. — *Un groupe* $\mathfrak{H}$ *étant obtenu comme image homoméomorphe d'un groupe métrisable* $\mathfrak{U}$ *au moyen d'une fonction métrisante* $\psi(x)$, *et* $\mathfrak{G}$

---

[1] Voir O. Schreier, *Abh. Math. Seminar Hamburg*, 4, 1925, p. 15-32; E. Cartan, *Mémorial des Sc. math.*, 42, Paris, 1930, et les publications antérieures qui y sont citées.

[2] Voir D. van Dantzig, *Jahresber. der D. M. V.*, 41, 1932, p. 42-44.

[3] *Z. T. A.*, 1, p. 607, *TG*. 8.

[4] *Z. T. A.*, 1, p. 615, *MC*. 14.

étant obtenu en complétant $\mathfrak{H}$, $\mathfrak{G}$ *est compact si et seulement si* $\psi(x)$ *est presque automorphe.*

L'ensemble $\mathfrak{F}$ de $\mathfrak{U}$ où $\psi(x)$ s'annule est un sous-groupe invariant de $\mathfrak{U}$. Lorsqu'il est « vide » (c'est-à-dire ne contient que l'élément unité), $\mathfrak{H}$ est une image biunivoque, continue (mais, en général, non bicontinue) et isomorphe de $\mathfrak{U}$; dans ce cas, $\mathfrak{G}$ est d'un type qu'on obtient en généralisant les groupes solénoïdaux [1]. Lorsque $\mathfrak{U}$ est connexe et microconnexe et $\mathfrak{F}$ est de dimension zéro, $\mathfrak{F}$ est le groupe fondamental et $\mathfrak{U}$ le groupe de recouvrement universel du groupe $\mathfrak{G}$ qui est hodophore.

MÉCANIQUE. — *Forces d'inertie d'un système et mouvement d'entraînement.* Note [2] de M. **Saintillan**, présentée par M. E. Jouguet.

En cherchant à évaluer les forces absolues d'inertie d'un système quelconque (S), dont le mouvement est rapporté à des axes relatifs, nous avons été conduit à une expression du moment résultant des forces centrifuges composées, que nous croyons devoir signaler.

Nous désignerons par solide coïncidant, à l'instant t, le solide (S_0), lié aux axes relatifs, obtenu en solidifiant le système (S) à cet instant t.

Nous utiliserons des symboles sans indice, ou avec l'indice a, suivant qu'ils se rapportent aux axes relatifs ou à des axes absolus; l'indice o sera réservé au solide coïncidant et aux caractéristiques de son mouvement absolu.

Les torseurs cinétiques $(\mathcal{M})$ et les torseurs des forces d'inertie $(\mathcal{F})$ seront considérés sous leur forme réduite par rapport au centre de gravité G du système (S), soit

$$\mathcal{M}\begin{cases} G.\overrightarrow{MV} \\ \overrightarrow{GK} \end{cases} \qquad \mathcal{F}\begin{cases} G.\vec{R} \\ \vec{\mathcal{C}} \end{cases}$$

Le théorème de la composition des vitesses, étendu aux torseurs cinétiques $(\mathcal{M})$, donne

$$G.\overrightarrow{MV}_a = G.\overrightarrow{MV} + G.\overrightarrow{MV}_0, \tag{1}$$

$$\overrightarrow{GK}_a = \overrightarrow{GK} + \overrightarrow{GK}_0. \tag{2}$$

---

(1) D. van Dantzig, *Fund. Math.*, 14, 1930, p. 102-125.

(2) Séance du 10 avril 1933.

Pour évaluer les forces absolues d'inertie du système (S), dérivons par rapport au temps, les équations (1) et (2) dans un système d'axes absolus.

a. La dérivation des quantités de mouvement $G.\overrightarrow{MV}$ conduit naturellement au théorème de Coriolis, appliqué au point G, soit

$$G.\vec{R}_a = G.\vec{R} + G.\vec{R}_0 - 2\vec{\omega} \times \overrightarrow{MV}, \tag{3}$$

$\vec{\omega}$ étant la rotation instantanée absolue des axes relatifs.

b. Pour dériver les deux membres de (2), il suffit de considérer les mouvements autour du centre de gravité, ce qui ne modifie ni $\overrightarrow{GK}$ ni $\vec{\mathcal{C}}$. Il vient

$$\vec{\mathcal{C}}_a = \vec{\mathcal{C}} - \vec{\omega} \times \overrightarrow{GK} - \left(\frac{d\overrightarrow{GK}_0}{dt}\right)_a.$$

Considérons à l'instant $t - dt$ le solide coïncidant S'_0 et son moment cinétique $\overrightarrow{GK}'_0$; ce solide, entraîné avec les axes relatifs, deviendrait, à l'instant t, S_{01}, de moment cinétique $\overrightarrow{GK}_{01}$; nous pouvons écrire

$$\left(\frac{d\overrightarrow{GK}_0}{dt}\right)_a = \text{limite}\left[\frac{\overrightarrow{GK}_0 - \overrightarrow{GK}_{01}}{dt} + \frac{\overrightarrow{GK}_{01} - \overrightarrow{GK}'_0}{dt}\right]_a = \text{limite}\,\frac{\overrightarrow{GK}_0 - \overrightarrow{GK}_{01}}{dt} - \mathcal{C}_0.$$

Soit $\mathcal{E}_0$ l'ellipsoïde central d'inertie de S_0; à toute direction GP de pôle P correspond un vecteur $\vec{E}_P$, représentant le moment cinétique de S_0 pour une vitesse de rotation unitaire suivant GP. [Ce vecteur $\vec{E}_P$ est normal au plan tangent en P à $\mathcal{E}_0$ et a pour module $1/\overline{GP}^2 \times \cos\left(\widehat{GP, \vec{E}_P}\right)$.] Nous envisagerons également la dérivée $\frac{\partial \vec{E}_P}{\partial t}$, GP étant considéré comme une direction liée aux axes relatifs. On voit que

$$\text{limite}\,\frac{\overrightarrow{GK}_0 - \overrightarrow{GK}_{01}}{dt} = \omega.\frac{\partial \vec{E}_\omega}{\partial t} \qquad (\omega : \text{module de } \vec{\omega}).$$

Nous avons donc

$$\vec{\mathcal{C}}_a = \vec{\mathcal{C}} + \vec{\mathcal{C}}_0 - \vec{\omega} \times \overrightarrow{GK} - \omega\frac{\partial \vec{E}_\omega}{\partial t}. \tag{4}$$

Les équations (3) et (4) justifient la proposition suivante :

Le torseur des forces absolues d'inertie d'un système quelconque est, à chaque instant t, équivalent au torseur comprenant :

— *les forces relatives d'inertie* $(G\vec{R}$ et $\vec{\mathcal{C}})$;

— *les forces absolues d'inertie du solide coïncidant* $(G.\vec{R}_0$ et $\vec{\mathcal{C}}_0)$;

— *la force d'inertie de Coriolis appliquée au centre de gravité* $(-2\vec{\omega}\times\vec{MV})$;

— *le couple gyroscopique* $(-\vec{\omega}\times\vec{GK})$;

— *le couple complémentaire* $(-\omega.\partial\vec{E}_\omega/\partial t)$ *dû à la déformation de l'ellipsoïde central d'inertie autour de* GP *parallèle à* $\vec{\omega}$ *à l'instant t.*

Il est clair que les deux derniers termes représentent le moment résultant par rapport à G des forces centrifuges composées.

Applications. — L'énoncé précédent permet, dans beaucoup de cas, d'écrire commodément les équations universelles du mouvement.

Appliqué à une machine, il met en évidence les réactions transmises au support lorsque celui-ci a un mouvement d'entraînement.

Pour préciser la signification du couple complémentaire $-\omega\,\partial\vec{E}_\omega/\partial t$, considérons un cas typique, d'ailleurs classique, celui où S est un solide animé d'une rotation Ω autour d'un axe zz' lié aux axes relatifs. Supposons *l'équilibrage dynamique* réalisé : zz' est un axe central d'inertie de $\mathcal{E}_0$, et, pour l'évaluation des forces d'inertie, S est équivalent à un solide S_r, dont l'ellipsoïde central d'inertie est de révolution autour de zz', plus deux masses mm' symétriques par rapport à G dans le plan équatorial de l'ellipsoïde. Soit $2r$ la distance mm'.

Seules les deux masses mm' donnent un couple complémentaire. Des considérations géométriques simples montrent que l'extrémité du vecteur $G.\vec{E}_\omega$ décrit une circonférence de diamètre $2mr^2\sin(\vec{\omega}, \vec{\Omega})$ à la vitesse angulaire 2Ω, dans un plan normal à zz', en supposant la direction $\vec{\omega}$ liée aux axes relatifs.

$-\omega.\partial\vec{E}_\omega/\partial t$ est donc un couple $\omega.\Omega.2mr^2\sin(\vec{\omega},\vec{\Omega})$ normal à zz', et tournant autour de zz' à la vitesse angulaire 2Ω.

Ainsi, par exemple, une hélice à deux pales donne, pendant un virage du support, un couple complémentaire de fréquence double de celle du moteur; couple qui disparaîtrait avec une hélice à 3 ou n pales ($n \geqq 3$), $\mathcal{E}_0$ étant alors de révolution.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Une étoile variable à éclipses de courte période.* Note [1] de M. R. **Tremblot** présentée par M. Ernest Esclangon.

L'étoile BD-10°,858 [2] a été signalée récemment par M. C. Hoffmeister [115 *Neue Veränderliche* (*Astronomische Nachrichten*, 247, n° 5919)] comme variable à très courte période, appartenant peut-être au type des étoiles doubles à éclipses. Nos observations de janvier à mars 1933 ont permis de confirmer ce point, en faisant apparaître des particularités assez rares parmi de tels systèmes.

55 comparaisons photométriques ont été effectuées entre BD-10°,858, et BD-10°,860 [3], au moyen d'un photomètre de Zöllner fixé à l'équatorial de 162^{mm} de l'Observatoire de Strasbourg. Chaque mesure correspond à une moyenne de 20 pointés sur chacune des étoiles, et semble affectée d'une erreur probable inférieure à 0,03 magnitude. Les observations, réduites au moyen de l'éphéméride suivante :

$$\text{Minimum (1)} = \text{J.J.T.M.A.G. } 2.427.119,312 + 0^{j},47430\ E,$$

ne laissent aucun doute sur le caractère de la variation, et montrent que l'étoile doit être classée parmi les systèmes à courte période, dont w Grande Ourse et 44 i Bouvier constituent les exemples les mieux étudiés. Les magnitudes indiquées sur la figure ci-contre correspondent à la valeur $8^{m},5$, adoptée pour l'étoile de comparaison d'après le *Draper Catalogue*.

La position du second minimum à la phase 0,445, et son aspect tout à fait dissymétrique, suggèrent l'idée d'une orbite fortement excentrique. Les éléments du système ne pourront être précisés qu'après une étude spectroscopique, mais la valeur de la période laisse prévoir une densité supérieure à celle du Soleil, ainsi qu'une magnitude absolue sensiblement plus faible, en accord avec le type spectral G_5.

D'après J. Schilt [4], les variables à éclipses de période inférieure $0^{j},45$ environ seraient en réalité constituées par une étoile unique, en voie de séparation; l'application des formules de Russell à la discussion des courbes de lumière conduit en général à un résultat différent, mais leur

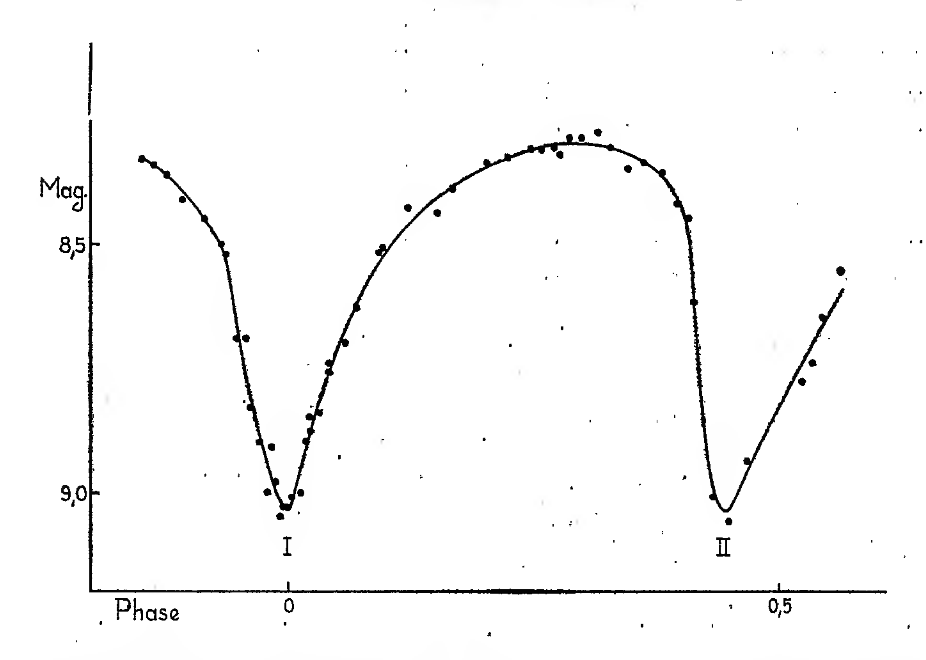
(1) Séance du 10 avril 1933.

(2) HD. 26.609. Magnitude visuelle 8,8; spectre G 5 (*Henry Draper Catalogue*).

(3) HD. 26.650. Magnitude visuelle 8,5; spectre A 5.

(4) *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 39, 1927, p. 160.

emploi présente quelque incertitude dans le cas de deux étoiles presque en contact. Il semble au contraire que l'on se trouve ici en présence de deux



corps assez largement séparés, la position relative des deux minima étant difficile à expliquer dans l'hypothèse d'un astre unique en rotation sur lui-même.

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude de la décomposition thermique du phosphate d'ammonium.* Note (¹) de Mme **Réchid.**

La décomposition thermique du phosphate d'ammonium est très lente, l'azote n'est éliminé totalement qu'au rouge vif, et certains auteurs ont cru remarquer la formation d'un métaphosphate insoluble.

Opérant à température constante, contrairement à nos devanciers, nous avons précisé la cinétique de la dissociation :

(¹) Séance du 10 avril 1933.

Température.	Durée de chauffe.	NH^3 % restant.	Température.	Durée de chauffe.	NH^3 % restant.
Sel non chauffé..	–	14,78	325°............	1 heure	11,85
218°............	3 heures	13,76	355............	1 »	11,32
218............	40 »	13,20	420............	1 »	9,19
218............	68 »	12,90	420............	3 heures	7,62
280............	1 heure	12,90	580............	1 heure	4,33
280............	4 heures	12,19	650............	15 min.	4,31
280............	15 »	10,60	800............	5 »	0

Bien que le départ d'ammoniac accompagne le départ d'eau et empêche d'atteindre la teneur (NH^3 pour $100 = 17,53$) qui correspond à un métaphosphate $(PO^3NH^4)^n$, la masse fondue contient toujours des quantités notables de ce dernier sel, mélangé d'acide libre.

En reprenant par l'eau glacée le produit de la dissociation, on évite son hydrolyse et l'alcool précipite du liquide un sel d'ammonium sous forme d'huile qui cristallise fréquemment. Ce dépôt ne contient ni orthophosphate, ni pyrophosphate.

L'étude conductimétrique effectuée à 20° fournit des indications sur l'état de condensation de ces métaphosphates :

Température et durée de chauffage.	λ_{1024}.	λ_{32}.	$\Delta\lambda$.
218° (3 heures)................	98	80	18
218 (90 »)................	144,6	83,8	60,8
280 (1 heure)................	120,8	91,5	29,3
280 (15 heures)................	118	83,4	34,6
325 (1 heure)................	128	90,2	37,8
325 (3 heures)................	121	80	41
325 (40 »)................	86	63	23
355 (1 heure)................	125	88	37

Si l'on tient compte de la différence de mobilité des ions Na et NH^4, on voit, en comparant ces résultats à ceux de Notes précédentes [1], que le

[1] Paul Pascal et Mme Réchid, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 762, et 196, 1933, p. 828.

sel d'ammonium formé à basse température est un dimétaphosphate $(PO^3)^2(NH^4)^2$ qui se condense peu à peu.

C'est un hexamétaphosphate qui apparaît alors peu à peu à 218°; mais, aux températures plus élevées, il semble qu'on puisse saisir le passage par le stade tétramétaphosphate d'ammonium. En tout cas, un chauffage prolongé conduit à un sel ammoniacal peu conducteur, analogue au sel complexe de Graham.

Parallèlement à la condensation du métaphosphate, on peut suivre l'évolution indépendante de l'acide libre, que nous avons précédemment décrite (1); on finit par en obtenir la forme cristalline, insoluble et infusible, et c'est sans doute elle que certains auteurs ont dû prendre pour un sel insoluble.

On doit noter que la présence d'ammoniac dans le produit de fusion semble rendre les transformations de l'acide métaphosphorique libre beaucoup plus rapides que lorsqu'on les suit au départ de l'acide pur.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation des aniles de cètones aliphatiques à fonction simple.* Note de Mlles **M. Montagne** et **G. Rousseau**, présentée par M. Delépine.

Tandis que les aldéhydes se condensent aisément avec l'aniline pour donner les aniles $RCH=NC^6H^5$, il est difficile d'obtenir les aniles $\frac{R}{R'}\!\!>C=NC^6H^5$ dérivés des cétones aliphatiques à fonction simple. En effet, la condensation de l'aniline avec une cétone ne peut être réalisée en l'absence d'un agent déshydratant qui, dans la plupart des cas, provoque la crotonisation de la cétone. L'acétone-anile n'a été obtenu par Claisen (2) que par une voie détournée, en chauffant l'aniline avec l'acétal de l'acétone.

En 1921 Knœvenagel (3) a décrit une méthode permettant, d'après lui, d'obtenir des céto-aniles aliphatiques par un chauffage prolongé d'une cétone (acétone ou méthyléthylcétone) avec l'aniline ou une toluidine en

(1) Mme Réchid, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 860.
(2) Claisen, *Ber. d. chem. Ges.*, 29, 1896, p. 2932.
(3) Knœvenagel, *Ber. d. chem. Ges.*, 54, 1921, p. 1723.

présence d'une trace d'iode. Mais, dans un travail récent, Reddelien ([1]) a établi que la soi-disant acétone-anile de Knœvenagel est en réalité une triméthyldihydroquinoléine. Il en résulte que seules subsistaient jusqu'ici, concernant les céto-aniles aliphatiques, les indications très sommaires de Claisen ([2]) et de Riehm ([3]) sur l'acétone-anile.

Nous avons trouvé, dans la condensation des dérivés organomagnésiens sur les anilides ou toluides d'acides gras, une méthode simple permettant de préparer les céto-aniles. Si l'on part de la butyranilide par exemple, et qu'on la condense avec un excès de bromure d'éthylmagnésium, le complexe

$$\begin{array}{l} C^3H^7-C\text{———}N-C^6H^5 \\ \quad C^2H^5 \diagup \ |\ OMgBr \quad |\ MgBr \end{array}$$

se forme tout d'abord. L'hydrolyse de ce complexe fournirait la propyléthylcétone, et d'ailleurs avec un mauvais rendement, si la condensation était effectuée dans l'éther. Mais si l'on élève la température, en ajoutant du benzène ou mieux du toluène et distillant l'éther, on observe la formation d'un abondant précipité de magnésie et de bromure de magnésium. Si l'on hydrolyse au moyen d'un mélange de glace et de chlorure d'ammonium, on isole l'éthylpropylcétone anile

$$\begin{array}{l} C^3H^7-C=NC^6H^5 \\ \quad C^2H^5 \diagup \end{array}$$

avec un rendement de 40 pour 100.

Nous avons étendu cette réaction avec le même succès à la propionanilide et à la butyro-*p*-toluide. L'halogène de l'organomagnésien utilisé paraît jouer un rôle important dans la réaction. Nous n'avons pas obtenu d'anile en condensant la butyranilide avec les iodures de méthyl et d'éthylmagnésium. D'autre part, l'acétanilide condensée avec le bromure d'éthylmagnésium ne nous a fourni, et en petite quantité, que les produits de condensation de l'éthylméthylcétone.

Dans toutes ces condensations, malgré l'excès de réactif magnésien

(1) Reddelien et Thurm, *Ber. d. chem. Ges.*, 65, 1932, p. 1512.
(2) *Loc. cit.*
(3) Riehm, *Ann. Liebig*, 238, 1887, p. 10.

utilisé, on retrouve une quantité appréciable de l'anilide initiale. Mais ce qui diminue le rendement en anile c'est surtout la condensation de 2^mol^ de ce dernier corps en aniline et anile d'une cétone éthylénique correspondant à la crotonisation de la cétone dont dérive l'anile initialement formé. Cet anile supérieur est accompagné de produits basiques, venant vraisemblablement de sa cyclisation, et dont on ne peut le séparer. Nous l'avons caractérisé par ses produits d'hydrolyse acide.

Les aniles que nous avons préparés sont des liquides légèrement jaunes d'odeur faible, très stables aux alcalis, aisément dédoublés (1) à froid par les acides étendus en aniline et cétone. L'air humide les altère lentement, mais ils se conservent parfaitement en tubes scellés. Ils donnent des picrates peu stables qu'on peut faire recristalliser dans le benzène anhydre. Hydrogénés par le sodium et l'alcool les aniles donnent, quantitativement, les anilines secondaires ramifiées correspondantes, bouillant un peu plus haut que les aniles dont elles dérivent.

Nous avons préparé les corps suivants :

Diéthylcétone-anile (Eb. 110-111° sous 18^{mm}); picrate (F. 143°); cétone éthylénique (2) de dédoublement de l'anile supérieur (Eb. 90-93° sous 20^{mm}). Anilino-3-pentane (Eb. 114° sous 13^{mm}); dérivé acétylé (Eb. 153° sous 18^{mm}). Éthylpropylcétone-anile (Eb. 114-115° sous 11^{mm}); picrate F. 102°; cétone éthylénique de dédoublement de l'anile supérieur (Eb. 99-103° sous 14^{mm}); oxime (Eb. 138-142° sous 14^{mm}). Anilino-3-hexane (Eb. 123-125° sous 13^{mm}); phénylurée (F. 55°). Dérivé acétylé (Eb. 154-155° sous 13^{mm}).

Éthylpropylcétone-tolile (Eb. 130-133° sous 13^{mm}); *p*-toluidino-3-hexane (Eb. 138-139° sous 15^{mm}).

Propylphénylcétone-anile (Eb. 150° sous 3^{mm}).

Nous nous proposons de généraliser cette méthode de préparation et d'étudier plus complètement les propriétés des céto-aniles ainsi obtenus et des composés qui en dérivent.

---

(1) Cf. REDDELIEN, *Ber. d. chem. Ges.*, 43, 1910, p. 2476, et 65, 1932, p. 1512.

(2) R. KON et LETON (*J. chem. Soc.*, 1931, p. 2503) indiquent (83-88° sous 16^{mm}) pour point d'ébullition de la cétone éthylénique dérivée de la diéthylcétone.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Composition comparée, chez la vigne, de feuilles homologues prises respectivement sur des souches fructifères et sur des souches privées de leur grappes.* Note [1] de MM. **Henri Lagatu** et **Louis Maume.**

Une de nos expériences a consisté à établir en 1929, dans la terre argilo-silico-calcaire de la Station de Montpellier, sur une vigne de Grand-Noir greffée sur Rupestris, deux petites parcelles dont l'une seulement a subi, le 13 juin, l'ablation de toutes les grappes.

Des échantillons de feuilles ont été pris les 13 juin, 10 juillet, 27 juillet, 7 août, simultanément sur les rameaux fructifères F des souches non mutilées et sur les rameaux stériles S des souches mutilées. Sur chacun des rameaux on a prélevé, à chaque échantillonage, trois couples de feuilles occupant à partir de la base les rangs 1 et 2 (formant un premier échantillon), 4 et 5 (deuxième échantillon), 7 et 8 (troisième échantillon). Dans les 24 échantillons ainsi prélevés nous avons déterminé la teneur centésimale de la matière sèche en chaux, azote, potasse et acide phosphorique.

La traduction graphique des diagnostics foliaires annuels ainsi relevés conduit aux conclusions suivantes :

1° En ce qui concerne la méthode du diagnostic foliaire :

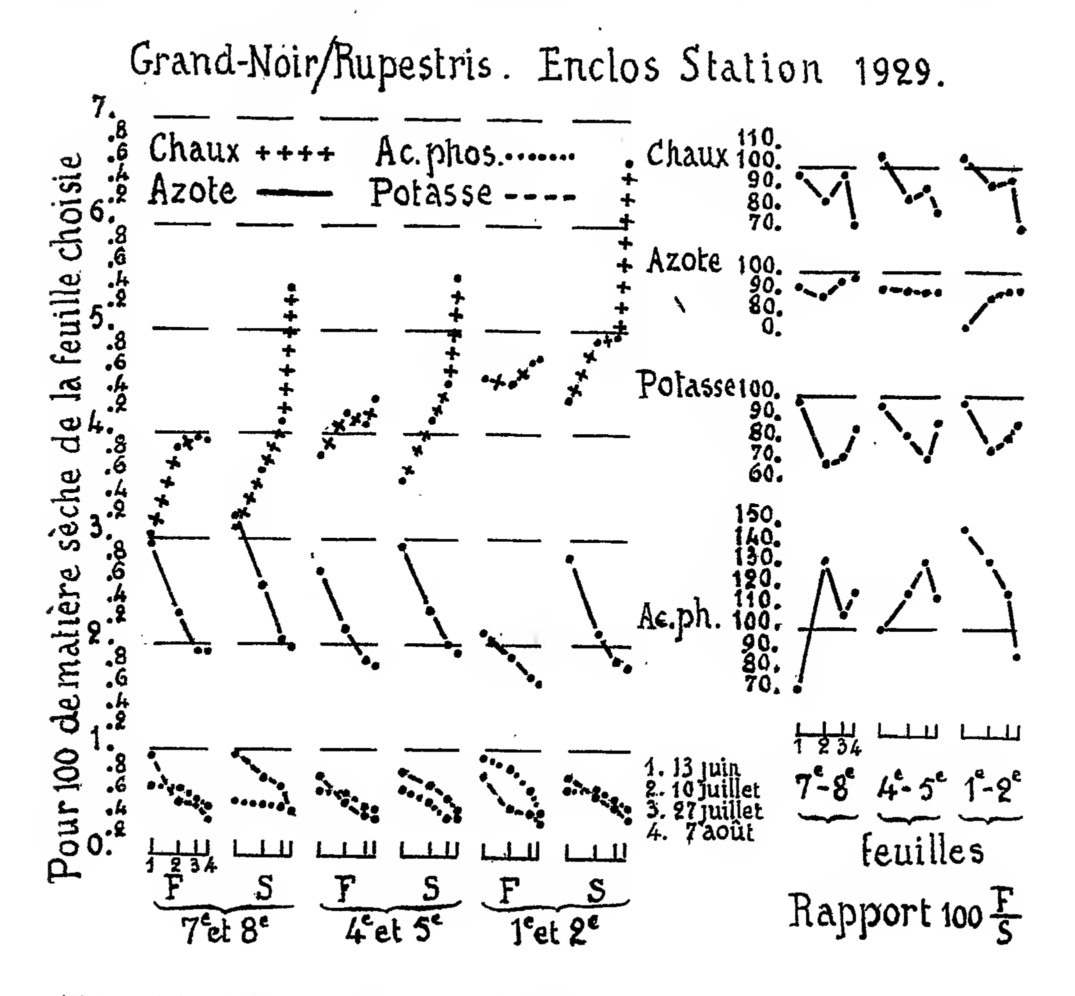
a. Les trois étages de feuilles donnent pour chaque type de rameau les mêmes indications, compte tenu des âges relatifs des feuilles. Nous avons déjà signalé ce fait fondamental (*Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1187; 194, 1932, p. 679).

b. Grâce à une statistique réunie depuis cette expérience (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 812), nous sommes en mesure de dire que ces diagnostics foliaires signalent un équilibre anormal en ce qui concerne la potasse, qui est en carence dans la matière sèche et en carence relative par rapport à l'azote et à l'acide phosphorique : le diagramme de la potasse devrait occuper une situation moyenne entre les diagrammes de ces deux constituants tandis qu'il descend au voisinage et parfois même au-dessous du diagramme de l'acide phosphorique. La méthode du diagnostic foliaire

---

[1] Séance du 10 avril 1933.

permet, en effet, de discriminer et de définir les cas d'alimentation normale ou anormale de la vigne pour un certain genre de produit; mais encore faut-il qu'une statistique fonde ce jugement. La carence de potasse est par



ailleurs ici confirmée par la « brunissure » de la vigne et par le complet retour à la santé et à la bonne production de souches voisines avec l'intervention exclusive de fortes doses d'engrais potassiques (RAVAZ et VERGE, LAGATU et MAUME, *Annales de l'École d'Agriculture de Montpellier*, nouvelle série, fasc. IV, 17, 1923, p. 280-306, 2 pl.).

2° En ce qui concerne le problème des compositions comparées :

a. Variation quantitative. — *La teneur globale* $N + K^2O + P^2O^5$ *pour*

cent de matière sèche est, à toute époque, plus faible dans la feuille du rameau fructifère que dans la feuille homologue du rameau stérile.

b. Variation qualitative, c'est-à-dire changeant les rapports physiologiques :

Soit F la teneur en un constituant (l'azote par exemple) de la feuille d'un rameau fructifère; soit S la teneur au même moment, en ce même constituant, de la feuille homologue sur rameau stérile. Pour faire parler à tous les constituants le même langage, il faut prendre pour mesure de la variation, non point la différence absolue F — S, mais la différence relative F — S/S; ou mieux prendre F/S ou encore 100 F/S, ces trois dernières expressions donnant le même diagramme simplement décalé. Sur la partie droite de notre dessin on lit 100 F/S, c'est-à-dire le taux du constituant considéré dans la feuille du rameau fructifère par rapport au taux, coté 100, du même constituant, au même moment, dans la feuille homologue du rameau stérile.

On voit que *les feuilles des rameaux fructifères sont plus pauvres en chaux, en azote et en potasse, mais plus riches en acide phosphorique que les feuilles homologues des rameaux stériles.*

Ces conclusions, pour la chaux, l'azote et l'acide phosphorique, se réfèrent à un chimisme normal des deux rameaux comparés ; mais pour la potasse, à un chimisme anormal qui, malgré les indications concordantes des trois étages de feuilles, n'autorise pas à garantir que le fait se retrouvera dans le cas où ce constituant serait à dose normale. Il n'en est pas moins constaté que sur leurs souches respectives, *dans ce cas de carence sévère de la potasse, cet aliment minéral se trouve en quantité encore plus faible dans les feuilles des rameaux fructifères que dans celles des rameaux stériles;* elle y descend plus particulièrement au-dessous de l'acide phosphorique.

Cette expérience, faite sur des *souches séparées*, les unes fructifères, les autres privées de leurs grappes, en appelle une autre comportant l'examen de ces deux mêmes sortes de rameaux pris sur les *mêmes souches.*

MÉCANIQUE ANIMALE. — *Analyse de la sustentation dans le vol stationnaire de la volucelle.* Note ([1]) de MM. **A. Magnan** et **A. Sainté-Laguë**, transmise par M. d'Arsonval.

A la base de cette analyse se placent les documents nombreux obtenus par l'un de nous à l'aide du cinématographe ultra-rapide construit par lui ([2]).

Nous avons pu, grâce à ces documents, examiner de près le cas d'une *Volucella pellucens* pesant $73^{mg},5$ et dont l'aile, longue de $1^{cm},2$, avec une surface de $0^{cm^2},39$, avait une fréquence de battement pendant le vol stationnaire de 93.

Nous avons fait établir un modèle en bois de cet insecte avec des ailes en aluminium, le tout à l'échelle de 40 environ. Les ailes montées à rotules étaient par cela même orientables à volonté et pouvaient reproduire les attitudes visibles sur les divers films concernant la volucelle. Nous avons pu grâce à ce modèle décomposer le temps d'un battement complet en 8 intervalles égaux et les positions correspondantes des ailes ont été reproduites dans 8 modèles en bronze établis à une échelle 8 fois plus grande que nature.

Ces modèles ont permis de se livrer aisément à l'analyse du coup d'aile.

Pour cette analyse, nous avons adopté, faute de mieux, la loi de la proportionnalité des forces, dues au mouvement des ailes, aux carrés des vitesses et nous avons pu dresser ainsi diverses courbes telles que celle de la figure 1, qui donne la sustentation aux diverses époques du battement, en désignant arbitrairement par 100 la sustentation maxima qui correspond au début du graphique, c'est-à-dire au moment où l'aile s'abaisse.

On constate sur cette figure, contrairement à ce qu'on croyait, que *la sustentation est toujours positive, aussi bien pendant la période de relevée*

([1]) Séance du 10 avril 1933.

([2]) A. Magnan, *Cinématographie jusqu'à 12000 vues par seconde (avec application à l'étude du vol des Insectes). Exposés de Morphologie dynamique et de Mécanique du Mouvement* (*Actualités scientifiques et industrielles*, 46, Hermann, 1932, p. 9 et 15).

de l'aile que pendant la période d'abaissée, sauf pendant un intervalle de temps très court.

L'explication de ce fait qui pourrait paraître paradoxal résulte de la

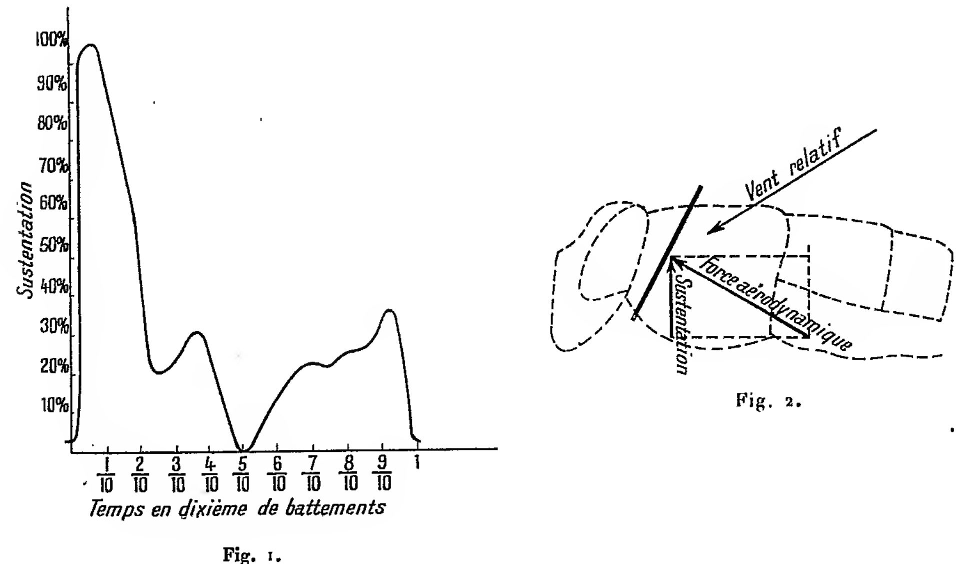


Fig. 1.

Fig. 2.

seconde figure (*fig*. 2). On y voit en pointillé le corps de la volucelle et en trait noir fort une des positions de la coupe antéro-postérieure du plan alaire pendant la relevée, ainsi que le vent relatif qui provient du déplacement du centre de poussée. Ce vent relatif crée une force aérodynamique dont l'action est, comme on l'admet, normale au plan de l'aile, c'est-à-dire dirigée ici de bas en haut et non plus de haut en bas comme le vent relatif. Cette force aérodynamique dont seule la projection sur le plan de symétrie a été représentée sur la figure, a, ainsi qu'on le voit, une composante de sustentation. On a ainsi l'explication du phénomène constaté plus haut.

Il est bon de signaler que dans cette étude nous n'avons pas tenu compte du fait que l'aile de la volucelle est loin d'être plane, qu'elle est flexible et que l'on connaît très peu de choses des phénomènes aérodynamiques à cette échelle.

CHIMIOTHÉRAPIE. — *Chimiothérapie des infections à* Trypanosoma congolense. *Action élective des composés organiques polyarsenicaux.* Note [1] de M. **E. Fourneau**, M. et Mme **J. Trefouël**, MM. **D. Bovet** et **Pierre Kœtschet**, présentée par M. F. Mesnil.

L'infection à *Trypanosoma congolense* des animaux de laboratoire s'est toujours montrée jusqu'ici particulièrement résistante à l'action des composés arsenicaux organiques.

Au cours des essais qui sont rapportés ici, nous avons pu trouver cependant qu'il ne s'agit pas dans ce cas d'une « résistance » à l'action de l'arsenic, mais qu'il existe au contraire toute une série de groupes arsenicaux capables d'influencer l'infection congolensique, et, fait entièrement nouveau, d'agir même mieux sur cette infection que sur les autres trypanosomiases. Cette propriété paraît appartenir à de très nombreux produits du groupe des acides arsiniques organiques, caractérisés par le fait que leur molécule renferme au moins deux groupes acide arsinique.

Nous proposant de revenir avec plus de détails sur leur étude, nous nous bornons ici à fournir quelques chiffres relatifs à la dose maxima de ces produits, tolérée par la souris, et à leur action sur le *Trypanosoma congolense* chez la souris.

Nota. — D. M. T. signifie : dose maxima tolérée, en grammes de produits, pour 20^g de souris, voie sous-cutanée.

Le chiffre qui suit la lettre F. indique le numéro d'ordre de l'étude de chaque corps.

Les traitements sont faits par voie sous-cutanée, soit le jour même de l'infection (traitement simultané), soit au début de la phase d'infection sanguine (traitement curatif).

Nous désignons par les lettres I. S. l'indice chimiothérapeutique après application du traitement simultané, et par I. C. l'indice après traitement curatif.

Les acides sont toujours injectés sous forme de sel de sodium.

I. Dérivés des acides phénylDiarsinique : Type $NH^2.C^6H^3 = (AsO^3H^2)^2$.

Acide 4-aminophényldiarsinique-1.2 (F. 801) : D.M.T. = 0,010 ; I.S. = 3 ; I.C. = 1,

Acide 4-aminophényldiarsinique-1.5 (F. 804) : I.S. et I.C. faibles.

L'acide monoarsenical correspondant à ces deux acides (atoxyl, trypoxyl) n'a pas d'action.

[1] Séance du 10 avril 1933.

Acide 4-oxy-5-aminophényldiarsinique-1.3 (F. 815) : D.M.T. = 0,100; I.S. = 3; I.C. = 1. — On remarquera le peu de toxicité de ce produit malgré sa forte teneur en arsenic.

Les acides *2-aminophényldiarsinique*-1.4 (F. 800), *4-oxyphényldiarsinique*-1.2 (F. 806), *3-oxyphényldiarsinique*-1.4 (F. 805) agissent sur le *congolense*, mais faiblement.

II. Dérivés de l'acide diphényldiarsinique : Type

$$(AsO^3HNa)\,C^6H^4 - C^6H^4\,(AsO^3HNa).$$

Acide 2.2'-diamino-4.4'-diphénylarsinique (F. 682) : D. M. T. = 0,070; I.S. = 2.

Acide 2-amino-4.4'-diphénylarsinique (F. 727) : D. M. T. = 0,100; I.S. = 2.

Acide 3-oxy-4.4'-diphénylarsinique (F. 741) : D. M. T. = 0,070; I. S. = 2.

Acide 2-oxy-5-amino-4.4'-diphénylarsinique (F. 807) : I.S. = 3.

Acide 2.2'-phénazine-4.4'-diarsinique (F. 753) :

$$AsO^3H^2.C^6H^3 \text{———} C^6H^3.AsO^3H^2; \qquad I.S. = 1.$$
$$\diagdown N = N \diagup$$

Acide 3.3'-dioxy-4.4'-diphénylarsinique (F. 739) : action faible.

Aucun des produits de ces deux séries n'agit sur le *nagana*.

III. Dérivés des urées d'acides aminophénylarsiniques :

Urée de l'*atoxyl* (F. 198) $(AsO^3H^2.C^6H^4.NH)^2CO$: D. M. T. = 0,080 (atoxyl D. M. T. = 0,0033); I. S. = 1.

Les *urées* de l'*acide 2-oxyaminophénylarsinique* (F. 899), de l'*acide 4-amino-3-hydroxyméthylphénylarsinique* (F. 904), des *acides m-amino* et *p-chloro-m-aminophénylarsiniques* (F. 901 et 902) agissent sur le *congolense*, mais faiblement.

Urée de l'acide p-aminonaphtalène-arsinique (F. 865) est assez toxique et agit faiblement sur le *congolense*.

IV. Acide éthylène di (aminophénylarsinique) (F. 488) :

$$(AsO^3H^2.C^6H^3(NH^2)NH - CH^2)^2, \qquad D.M.T. = 0,150; \qquad I.S. \text{ et } I.C. = > 1.$$

Ce corps n'agit pas sur le *nagana* alors que l'acide correspondant possédant une seule fonction arsenicale est particulièrement actif.

V. Azoïques arsenicaux de la benzidine (appartenant à la famille du rouge Congo) : Type $R - N = N.C^6H^4.C^6H^4.N = N - R$.

R = *acide naphtalène aminoarsinique*-1-4 (azo en 3) (F. 893) : D. M. T. = 0,010; I. S. = 2.

R = *acide 4-aminophényl*-1-6-*diarsinique* (azo en 3) (F. 894). — Légère action sur le *congolense*.

R = *acide* 3-*amino*-4.4'-*diphényldiarsinique* (azo en 2) (F. 895) : D. M. T. = 0,020; I. S. = 2.

R = *acide 2.2'-diamino-4.4'-diphényldiarsinique* (azo en 3) (F. 896) : D. M. T. = 0,003. — Légère action sur le *congolense*.

Acide cétodiéthine-diaminophényldiarsinique (Bénary) [1]. — Faible action sur le *congolense*.

VI. Azoïques polyarsenicaux : Type

$$AsO^3H^2.C^6H^4.N = N.C^6H^3(AsO^3H^2)(OH)(NHCOCH^3).$$

Acide phénylarsinique-1-azo-4.5'-oxy-2'-phénylarsinique-1' (F. 876) obtenu par copulation du diazo de l'atoxyl avec l'orsanine. D. M. T. = 0,025. — Faible action sur le *congolense*.

Acide phényldiarsinique-1.2-azo-4.5'-oxy-2'-acétylamino-4'-phénylarsinique-1' (F. 898) : D. M. T. = 0,040 ; I. S. et I. C. = 1. — Pas d'action sur le *nagana*.

Acide phényldiarsinique-1.2-azo-4.5'-phényl-2'-oxydiarsinique-1'.4' (F. 891) : D. M. T. = 0,060 ; I. S. = 3 ; I. C. = 3.

En résumé, si jusqu'ici on ne connaît aucun acide monoarsinique agissant sur le *congolense*, alors que le plus grand nombre agissent sur le nagana, parfois même comme c'est le cas pour l'orsanine, à une dose 10 à 12 fois inférieure à la dose tolérée, la plupart des *acides polyarsenicaux* agissent au contraire sur le *congolense* et pas sur le *brucei*.

M. **Marcel Baudouin** adresse une Note intitulée *Un Musée de Préhistoire expérimentale*.

La séance est levée à 15h25m.

E. P.

---

[1] *Berichte d. deutsch. Ges.*, 65, 1932, p. 1669.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE MARS 1933 (*suite et fin*).

Université de Strasbourg. Service géologique d'Alsace et de Lorraine. Carte géologique murale de l'Alsace et de la Lorraine, dressée sous la direction d'EMM. DE MARGERIE, d'après les cartes de détail publiées par les Services officiels de France, de l'Alsace-Lorraine, de la Belgique, de Bade, de la Bavière, de la Prusse, de la Suisse et du Wurtemberg, les minutes inédites du Service géologique d'Alsace et de Lorraine et les travaux les plus récents. *Échelle 1/200 000e. Équidistance des courbes : 100m. Contours géologiques dessinés* par EUG. LÉTOT, A. BAIQUET, J. JUNG, J. SCHIRARDIN et T. WINOGRADOFF. La planimétrie et l'hypsométrie ont été empruntées à la *Carte d'Alsace-Lorraine* d'EMM. DE MARTONNE, publiée par le Service géographique de l'Armée. 1 carte en 4 planches ayant chacune $1^m \times 0,65$.

Colloïdes et Micelloïdes. Leur rôle en biologie et en médecine, par AUGUSTE LUMIÈRE. Paris, Éditions médicales Norbert Maloine, 1933; 1 vol. 22cm.

Aliments. Régimes. Indications. Contre-indications, par P. LASSABLIÈRE. Paris, Gaston Doin et Cie, 1933; 1 vol. 24cm.

Hommage à Henri Moissan. 4 octobre 1931. Paris, Chimie et Industrie, 1932; 1 vol. 28cm,5. (Présenté par M. Charles Richet.)

Atlas des Colonies françaises. Protectorats et territoires sous mandat de la France publié sous la direction de G. GRANDIDIER :

— *Madagascar*, par G. GRANDIDIER;

— *La Réunion, Kerguélen, Comores, Saint-Paul, Amsterdan, Crozet*, par LOUIS-PHILIPPE MAY. Paris, Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales, 1933; 1 fasc. 56cm.

Grande Pyramide. Le secret du Sphinx. Hypothèse, par JULES BARRÉ. Darnétal, près Rouen, Mme Lecouteux, 1933; 1 fasc. 24cm.

Célébration du 25e anniversaire de la Société de Pathologie exotique. 8 et 9 février 1933. *Bulletin de la Société pathologique*, no 2. Laval, Imprimerie Barnéoud; 1 vol. 24cm,5.

Dix leçons d'Astronomie, par E. ESCLANGON. Paris, Gauthier-Villars, 1933; 1 vol. 21cm.

Microénergétique. Tome II : *Les théories et les faits*, par PIERRE BRICOUT. Paris, Gauthier-Villars, 1933; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Ch. Fabry.)

Archives de zoologie expérimentale et générale. Tome 74. *Premier volume jubilaire. Cinquantenaire du laboratoire Arago. Soixantième anniversaire des « Archives de Zoologie »*. Paris. Librairie H. Le Soudier 1933; 1 vol. 26cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 AVRIL 1933.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES RICHET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès, survenu à Nice, de M. **R. de Forcrand de Coiselet**, Correspondant pour la Section de Chimie.

Notice nécrologique sur M. de Forcrand de Coiselet, par M. **Delépine**.

Robert de Forcrand de Coiselet faisait partie de notre compagnie à titre de Correspondant de la Section de Chimie depuis 1903.

Sa carrière scientifique s'est écoulée à peu près entièrement à Montpellier où il fut nommé en 1887 chargé du Cours de Chimie, puis professeur de Chimie à la Faculté des Sciences. Auparavant, en 1878, il avait été préparateur et chargé des fonctions de maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Lyon; il quitta ces fonctions en 1882, pour le poste de préparateur du cours de Berthelot au Collège de France. Il reçut indubitablement de son illustre Maître une orientation thermochimique qui se retrouve dans nombre de ses travaux ultérieurs.

Les recherches de de Forcrand débutèrent par une étude sur les hydrates de gaz. Son premier maître, Loir, professeur de Chimie à la Faculté des Sciences de Lyon, lui avait signalé l'existence de combinaisons bien singulières formées par les dérivées organiques du genre du chloroforme avec l'hydrogène sulfuré et l'eau. De Forcrand put en préparer une trentaine qu'il a rattachées à une formule unique $M + 2H^2S + 23H^2O$, où M représente la molécule organique. Ce sont des corps cristallisant

nettement, tous cubiques. L'hydrogène sulfuré y est remplaçable par de l'hydrogène sélénié. Ce travail fut présenté comme thèse de Doctorat ès Sciences en 1882.

Il devait être, lorsque de Forcrand vint à Montpellier en 1887, complété par l'étude des hydrates simples de gaz entreprise avec la collaboration de notre confrère Paul Villard. A cette occasion, on put même unir l'argon à l'eau; si tant est que ces corps soient considérés comme des combinaisons, lâches il est vrai, c'est le seul exemple de combinaison de l'argon. Ces études offrent des difficultés, notamment dans l'établissement de la formule exacte, qui en font ressortir le mérite exceptionnel.

Le séjour de de Forcrand chez Berthelot fut le point de départ de recherches très étendues sur des combinaisons qui n'ont évidemment pas la fragilité des hydrates de gaz, mais sont également rangées par les chimistes au nombre des combinaisons peu stables, des combinaisons de deuxième ordre, si l'on peut dire. Il s'agit principalement des dérivés sodés des alcools mono- ou plurivalents, des phénols, de l'éther acétylacétique, de l'acétylène, des dérivés polysodés des hydroxyacides comme l'acide glycolique, etc. De Forcrand aborda le problème sous sa face énergétique, en soumettant à de minutieuses déterminations thermochimiques les substances en question, substances qu'il dut s'astreindre à préparer dans l'état de pureté le plus parfait possible; beaucoup d'entre elles, dont on soupçonnait à peine la possibilité d'existence, virent ainsi le jour pour la première fois.

De ce sujet qui conduisait à l'évaluation de la tonalité thermique du remplacement de l'hydrogène fonctionnel par le sodium, de Forcrand est passé tout naturellement à la notion d'acidité des molécules organiques ou minérales et il en a donné une théorie thermochimique. L'acidité serait ainsi mesurée par la valeur thermique de la substitution d'un atome de sodium à un atome d'hydrogène. Des valeurs obtenues avec des molécules très diverses, on peut déduire l'acidité d'une molécule donnée, avec une approximation suffisante, d'après des modules qui reflètent l'influence positive ou négative des différents groupements constitutifs.

Ces mêmes préocupations de subordination des propriétés générales aux données fournies par la thermochimie ont conduit de Forcrand à une large étude des métaux alcalins et alcalino-terreux qui aboutit à les classer dans l'ordre calcium, lithium, strontium, baryum, sodium, potassium, rubidium, cæsium. Les divers degrés d'oxydation de ces métaux ont été l'objet d'investigations fructueuses, car il importait de les préparer à l'état pur.

Une troisième catégorie de recherches de de Forcrand se rapporte à

l'utilisation de la loi de Trouton, dont M. Le Chatelier avait signalé l'importance théorique. En substituant dans la formule de Trouton, au numérateur qui représente la chaleur L de vaporisation d'un liquide, la chaleur de sublimation L + S, on peut étendre sa validité aux cas de dissociation hétérogènes les plus variés; la constante, au lieu d'être de l'ordre de 22, devient de 28 à 32; dans ces conditions, la formule, pour des régions moyennes de température, est d'une application très générale.

Telle est l'esquisse des travaux de notre regretté collègue. Elle ne donne qu'une idée bien imparfaite du labeur que de Forcrand dut y consacrer pour les appuyer sur des matériaux irréprochables que, pour la plupart, il fallait préparer soi-même en vue de l'expérimentation physico-chimique qui devait en être l'heureux couronnement. Toutes les déterminations, si nombreuses, qu'il a effectuées offrent un caractère d'exactitude et de précision qui témoignent de sa haute conscience et doivent passer pour définitives. Grâce à son travail inlassable et à l'exemple qu'il donnait, de Forcrand a maintenu dans son laboratoire de la Faculté des Sciences de Montpellier un foyer actif de recherches, et il a eu l'honneur d'y former de nombreux élèves.

Nous apportons à l'Université de Montpellier et aux proches de de Forcrand l'hommage de nos regrets les plus sympathiquement émus.

PÉTROGRAPHIE. — *Rôle des Trilobites dans la genèse des gisements de phosphate de chaux paléozoïques.* Note de M. **L. Cayeux.**

Depuis que la solution organique du problème de l'origine des phosphates de chaux sédimentaires a prévalu, on est logiquement conduit, dans l'étude de tout gisement, à se demander quels en sont les organismes générateurs. La réponse, qui paraît très facile pour les formations d'âge secondaire et tertiaire, comme celles de la craie sénonienne du Bassin de Paris et du Tertiaire nord-africain, ne laisse pas que d'être difficile pour les phosphates paléozoïques.

Du fait que les dépôts phosphatés font leur apparition avant les Poissons et que des gisements tels que ceux du Carbonifère de France et du Permien d'Amérique ne fournissent pas la plus petite esquille de tissu osseux, il est impossible de voir dans ces organismes la source de l'acide phosphorique emmagasiné dans les phosphates des temps primaires. Il est tout aussi impossible d'imputer la genèse d'un seul gisement paléozoïque

à l'activité des Brachiopodes, bien qu'ils comptent actuellement parmi les principaux groupes d'organismes générateurs d'acide phosphorique. Ni le Dévonien, ni le Jurassique, pourtant très riches en Brachiopodes, n'ont engendré le moindre dépôt phosphaté, en France et en Europe [1]. Mais, dira-t-on, s'il n'y a pas concentration, il peut y avoir diffusion de la matière phosphatée, représentée par des proportions qui font supposer l'existence d'une source exceptionnelle de phosphore. Jusqu'à présent, pas une seule de mes analyses de calcaires à Brachiopodes n'est venue confirmer cette interprétation. Par exemple, des calcaires frasniens du Boulonnais, pétris de Brachiopodes, n'offrent rien de particulier au point de vue de la teneur en acide phosphorique.

Un troisième et dernier groupe d'animaux, celui des Crustacés, est susceptible, à première vue, d'être mis en cause, en raison de la proportion très élevée d'acide phosphorique que certains de ses représentants fixent de nos jours. L'attention est ainsi amenée à se porter sur les Trilobites, en particulier, que l'on sait répandus à profusion aux époques cambrienne et silurienne. De toute évidence, si ces organismes fournissent une solution, celle-ci ne peut être que très partielle, car, à dater du Dévonien, les Trilobites sont en pleine décadence, et le rôle des autres Crustacés n'est pas tel qu'on puisse les faire intervenir pour expliquer les gisements post-siluriens, et surtout ceux du Dévonien et du Permien d'Amérique.

Les résultats d'analyses de nombreux Trilobites, dégagés ou non de leur gangue, sont de nature à inspirer de sérieux doutes, quant à leur participation à grande échelle à la genèse des gisements paléozoïques. Une lumachelle de débris de Trilobites, fréquents au point d'être empilés les uns sur les autres, découverte par M. A. Bigot dans le Cambrien de Saint-Georges-de-Rivière, près Barneville, en Normandie, ne renferme que 0,153 pour 100 de P^2O^5, sans nulle trace de concentration de cet acide. Des matériaux, prélevés dans la Montagne Noire par M. Blayac, mettent en évidence une pauvreté non moins grande : Une plaquette de schistes avec *Paradoxides* de l'Acadien moyen de Coulouma (Hérault) titre 0,170 pour 100 de P^2O^5; un schiste à grands *Paradoxides* de Ferrals-les-Montagnes (Hérault) en renferme 0,190 pour 100, et un schiste à *Barrandia* de l'Ordovicien de Cabrières (Hérault), 0,070 pour 100, etc.

---

[1] Il n'en est pas moins vrai que des restes de Brachiopodes inarticulés, phosphatés ou non, ont revêtu une grande fréquence à l'époque de la formation de quelques phosphates paléozoïques (Ex. : certains phosphates ordoviciens du Pays de Galles).

Des analyses de Trilobites, d'âge compris entre le Silurien et le Givétien, originaires de l'étranger, confirment cette observation, mais avec des écarts de teneurs beaucoup plus sensibles. Les essais ont porté sur des carapaces seules, sur des individus entiers remplissage compris, et sur des Trilobites largement incrustés de gangue. Le tableau suivant en groupe les principaux résultats :

	P^2O^5.
Asaphus expansus (carapace seule). Ordovicien. Husbyfjol (Suède).........	0,085
» (carapace et remplissage). Ordovicien. Husbyfjol (Suède).	0,125
» (carapace et remplissage). Ordovicien. Heda (Suède).....	1,108
Illænus crassicauda (carap. et remplis.). Silurien inférieur. Ilinks (1) (Russie).	0,116
Calymene Blumenbachi (carapace et remplissage). Gothlandien. Gothland..	0,353
Encrinurus punctatus (carap. et remplis.). Gothlandien. Dudley (Angleterre).	2,162
Goldius palifer (carapace et remplissage). Étage F. Konieprus (Bohême)....	0,077
Phacops latifrons (carapace et remplissage). Eifelien. Sabero (Espagne).....	0,116
Dalmanites auriculatus (carapace et remplissage). Eifelien. Hostin (Bohême).	0,095

La comparaison de ces teneurs, très inférieures à 1 pour 100, à deux exceptions près, avec celles qui font ressortir la diffusion de l'acide phosphorique dans les roches sédimentaires anciennes (2) démontre que les Trilobites en question ne sont généralement, ni plus, ni moins phosphoreux que lesdites roches. Dès lors, deux conclusions s'imposent entre lesquelles il faut choisir : ou bien les Trilobites avaient en très grande majorité un test chitineux ou calcaire, et leur teneur en acide phosphorique était de l'ordre de grandeur de celle des Mollusques, des Polypiers, etc.; ou bien, le phosphore, que renfermait leur carapace en proportion notable, a émigré, sans engendrer de concentration. Certes, les roches sédimentaires nous offrent des exemples de migrations analogues, mais à titre d'exceptions. Tel est le cas pour des dépôts, riches en silice organique sur le fond de la mer, et qui ont perdu avec le temps la presque totalité de cette substance. Mais que la migration devienne une règle absolue pour le phosphate de chaux des Crustacés, sans qu'on en retrouve jamais la trace sous forme de nodules ou de bancs phosphatés, c'est l'invraisemblance même. Quoi qu'il en soit, je ne connais pas de gisement paléozoïque, si petit soit-il, qui ait reçu une très importante contribution en acide phosphorique des Crustacés et spécialement des Trilobites. De sorte, qu'en fin de compte, les organismes qui paraissaient prédestinés à engendrer des gisements, de par la composition

(1) Rive gauche du Volga.

(2) L. Cayeux, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1769.

actuelle de leur squelette, n'ont pas joué le rôle capital qu'on est tenté de leur attribuer *a priori*.

Les données numériques invoquées n'impliquent nullement à mes yeux la non-existence de Trilobites à carapace phosphatée, attendu que les exemples ne manquent pas pour témoigner du contraire. Mais il semble bien que dans l'ensemble du groupe ces organismes n'aient représenté qu'une infime minorité.

A défaut de Poissons, de Brachiopodes et de Trilobites pour élaborer tout au moins la masse principale de l'acide phosphorique des gisements paléozoïques, la question se pose de l'intervention d'organismes qui ne figurent point parmi les groupes générateurs de cet élément à dose exceptionnelle.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Sur l'intervalle de temps entre les phénomènes solaires et les perturbations magnétiques terrestres.* Note de M. **Ch. Maurain.**

On peut, pour étudier cet intervalle de temps, utiliser les observations de deux manières : 1° examiner les cas particuliers, c'est-à-dire la correspondance entre un phénomène solaire déterminé et un phénomène terrestre déterminé (méthode individuelle); 2° entreprendre des études d'ensemble portant sur des périodes assez longues, en tenant compte de toutes les observations (méthode statistique). On emploie alors une caractérisation numérique de l'activité solaire et de l'agitation magnétique.

Étudiant ce sujet en 1926, il m'a paru que, avec les données que l'on possédait à ce moment, la méthode statistique était préférable pour un travail étendu et je l'ai appliquée aux 41 années 1883-1923 (1). Depuis, l'observation du Soleil s'est étendue et perfectionnée, et diverses publications nouvelles facilitent l'application de la méthode individuelle; je l'ai appliquée aux années 1930, 1931 et 1932.

J'ai montré par une statistique portant sur *toutes* les journées à perturbation magnétique de ces 41 années, que l'activité solaire évaluée numériquement pour les journées voisines d'une perturbation magnétique passe, en moyenne, par un maximum environ deux jours et demi avant les perturbations magnétiques. Il semble qu'on en puisse conclure qu'il existe, au

(1) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1550; *Annales de l'Institut de Physique du Globe*, 5, 1927, p. 86.

moins en de nombreux cas, une liaison entre l'activité solaire et les perturbations magnétiques avec un décalage de temps de deux jours et demi en moyenne. Ce décalage est d'ailleurs variable. En prenant, parmi ces 41 années, 10 années qui correspondent à des époques de minimum d'activité solaire, on trouve comme décalage moyen 3 jours trois quarts environ.

Dans ce travail, j'avais pris pour caractériser l'activité solaire les nombres dits de Wolf et Wolfer (*Sonnenflecken Relativzahlen*). Dans une étude statistique étendue, J.-M. Stagg a employé pour le même objet la variabilité interdiurne de la surface totale des taches (¹). Son travail porte sur les 35 années 1890-1924. Il trouve que cette variabilité passe par un maximum 4 à 5 jours en moyenne avant les journées les plus troublées au point de vue magnétique. D'ailleurs Stagg, reprenant la statistique (pour les 20 années 1906-1925) en caractérisant cette fois l'activité solaire par la surface même des taches, trouve que pour l'ensemble le maximum de l'activité solaire est environ 2 jours trois quarts avant les journées les plus troublées au point de vue magnétique, ce qui est très voisin du retard moyen que j'avais obtenu; de plus, les moyennes pour des groupes séparés d'années montrent la tendance à un accroissement de l'intervalle de temps pour une activité solaire plus faible.

On trouve dans la littérature scientifique de nombreuses publications donnant une évaluation de l'intervalle de temps entre un phénomène solaire et une forte perturbation magnétique. Je rappellerai seulement des publications faites dans les *Comptes rendus* de l'Académie : Ricco (²) indique huit fortes perturbations magnétiques qui ont suivi, en moyenne, de 45 heures 30 minutes le passage de grandes taches au méridien central du Soleil. Deslandres cite les grands orages magnétiques des 25 septembre 1909 et 26 janvier 1926, qui ont suivi le passage d'une tache importante au méridien central, le premier après 45 heures, le second après 47 heures 30 minutes (³). D'Azambuja et Grenat ont observé, le 13 octobre 1926, une éruption solaire intense et brève, suivie d'un orage magnétique qui débuta environ 31 heures après l'éruption (⁴).

Greaves et Newton (⁵) ont appliqué la méthode individuelle à 30 fortes

---

(¹) J.-M. Stagg, *Meteorological Office, Geophysical Memoirs*, nº 42, v, 1928, p. 1.

(²) A. Ricco, *Comptes rendus*, 115, 1892, p. 595.

(³) H. Deslandres, *Comptes rendus*, 150, 1910, p. 65, et 182, 1926, p. 236.

(⁴) L. d'Azambuja et H. Grenat, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 701.

(⁵) W. M. H. Greaves and H. W. Newton, *Monthly Notices of the R. Astronomical Society*, 88, nº 7, 1928, p. 556.

perturbations magnétiques (de 1874 à 1927) pour lesquelles il y a eu, dans les quatre jours précédents et les quatre jours suivants, passage d'un seul groupe important de taches au méridien central; ils trouvent que pour 22 d'entre elles ce passage a eu lieu avant la perturbation. Ils donnent comme résultat la moyenne algébrique des intervalles de temps comptés positivement avant la perturbation et négativement après; cette moyenne est 0,9 jour; mais si l'on prend la moyenne des 22 intervalles de temps positifs, on trouve 1,8 jour. Remarquons qu'il s'agit là de très fortes perturbations.

Hale a étudié en détail (1) une quinzaine de phénomènes éruptifs solaires particulièrement intenses, discutant leur correspondance possible avec une perturbation magnétique. Dans la plupart des cas il semble qu'on puisse rattacher à l'éruption solaire une perturbation magnétique postérieure; mais dans certains cas on ne peut fixer avec précision l'intervalle de temps. Finalement, pour évaluer le mieux possible cet intervalle, Hale retient cinq cas, correspondant à des retards de 17,5 — 19,5 — 26 — 31 et 36 heures (moyenne 26 heures).

J'ai appliqué la méthode individuelle à tous les passages de taches ou groupe de taches importants des années 1930, 1931, 1932, au nombre de 34. Les *Heliographische Uebersichtkarten* publiés dans les *Astronomische Mitteilungen* permettent de fixer à 1 ou 2 heures près l'heure de passage au méridien central du Soleil du centre du groupe, ou, s'il y a intérêt, l'heure du début et la durée du passage; j'ai utilisé aussi les *Cartes synoptiques provisoires de l'activité solaire* publiées depuis 1929 dans l'*Astronomie*, par M. d'Azambuja puis par Mlle Roumens, d'après les clichés spectrohéliographiques de l'Observatoire de Meudon. Pour chacun de ces cas j'ai examiné les courbes de variation des éléments magnétiques enregistrées à l'Observatoire du Val-Joyeux; on peut d'après ces courbes avoir facilement avec une approximation suffisante l'heure du début d'une perturbation, ou d'autres caractères s'il y a lieu. Le détail pour chaque cas sera donné dans une autre publication.

Sur ces 34 cas, 24 permettent une évaluation d'un intervalle de temps entre le passage et une perturbation magnétique consécutive. Ces intervalles de temps sont, en heures : 23,5 — 29 — 33 — 33 — 35 — 38 — 39 — 40 — 42 — 42,5 — 46 — 57 — 58 — 61 — 64 — 66 — 72 — 80 —

(1) George E. Hale, *Contributions from the Mount Wilson Observatory* n° 425, XIX, 1931, p. 89; *Reprinted from the Astrophysical Journal*, 73, 1931, p. 379.

81 — 81 — 94 — 102,5 — 104,5 — 116,5, dont la moyenne est 60 heures ou 2 jours et demi. Cette coïncidence avec le résultat que j'avais obtenu par la méthode statistique est évidemment fortuite; elle montre seulement que les évaluations faites par les méthodes statistique et individuelle sont du même ordre de grandeur. On doit remarquer que les perturbations magnétiques dont il s'agit ici sont de diverses intensités, certaines pas très fortes.

Au cours de cette étude, j'ai examiné aussi quelques cas correspondant à des phénomènes solaires brillants indiqués dans les publications citées ci-dessus et s'étant produits au voisinage du méridien central. Dans la plupart de ces cas il semble qu'on puisse rattacher au phénomène solaire une perturbation magnétique postérieure, avec un intervalle de temps moyen d'environ 40 heures.

Il semble, comme conclusion de ces études de genres divers portant sur de très nombreux cas, qu'on puisse admettre la généralité de l'existence d'un intervalle de temps entre des phénomènes solaires caractérisés de différentes manières et des perturbations du champ magnétique terrestre, et que cet intervalle de temps est variable.

On cite parfois des cas, correspondant à des observations de Carrington, d'Young et de Trouvelot, dans lesquels il y aurait eu, à quelques minutes près, simultanéité entre les deux phénomènes.

Or Hale, dans le Mémoire cité plus haut, discute longuement le cas célèbre de Carrington (1859), et reproduit les textes de Carrington, de Hodgson et de Balfour Stewart qui s'y rapportent; il en résulte qu'une petite perturbation magnétique a eu lieu à peu près au moment où le phénomène solaire était observé (ou, plutôt, quelques minutes avant), mais qu'une perturbation magnétique beaucoup plus intense a commencé 17 heures et demie après le phénomène solaire; et, finalement, ce cas est un des cinq que retient Hale pour fixer la valeur de l'intervalle de temps.

Relativement au cas de Trouvelot, celui-ci décrit bien dans une Note (*Comptes rendus*, 112, 1891, p. 1419) un « phénomène lumineux extraordinaire observé sur le Soleil »; mais il ne dit nullement qu'une perturbation magnétique ait été observée au même moment. Me reportant aux courbes magnétiques enregistrées au Parc Saint-Maur à cette date, j'ai constaté qu'elles manifestent, à l'heure indiquée, une faible agitation, de nature extrêmement fréquente, et non une perturbation. Enfin, on doit ajouter que le phénomène solaire s'est produit « tout contre le bord occidental de l'astre », ce qui permet de penser qu'un faisceau émis par cette

éruption ne pouvait guère parvenir à la Terre et y déclencher une perturbation.

Le phénomène solaire observé par Young (1872) s'est produit aussi près du bord du disque solaire (le bord Est), ce qui n'est pas favorable à une liaison par émission avec une perturbation magnétique. J. Bosler a reproduit (*Annales de l'Observatoire d'Astronomie physique de Meudon*, 5, 1912, p. 77) les graphiques magnétiques de Greenwich des 3 et 5 août 1872, en y marquant les heures des paroxysmes solaires observés par Young. La coïncidence de ces heures avec celles de variations magnétiques très marquées, particulièrement le 3 août, est fort impressionnante. Ce cas de quasi-simultanéité est, à ma connaissance, le seul, et correspond d'ailleurs à un phénomène solaire décelé sur le bord du disque.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Variations de la virulence dans les dégénérescences de la Pomme de terre*. Note [1] de M. **J. Costantin.**

J'ai mentionné précédemment [2] des cas de Mosaïque douce chez la Canne à sucre (Brandes et Klaphaak, 1923) et chez la Pomme de terre (Botjes, 1928).

D'ordinaire une maladie de dégénérescence se reconnaît aux symptômes qui se manifestent (caractères morphologiques externes ou anatomiques et culturaux). La Mosaïque douce se trahit par le poids de la récolte qui est très voisin de celui de la plante saine, accompagnant la marbrure des feuilles.

Depuis 16 ans (1916 à 1932), les planteurs de Canne à sucre de l'Argentine emploient ce dernier criterium avec les variétés javanaises. C'est le tonnage en sucre qui leur a appris que ces Cannes étaient supérieures aux anciennes variétés américaines dégénérées (*Louisiana purple* et *Louisiana striped*). Depuis 1915, on sait que c'est l'extension de la Mosaïque qui est la cause de la chute de la production de ces deux variétés, car elle n'était plus que de trois quarts de tonne de sucre à l'acre de 1910 à 1915.

Avec les variétés javanaises (notamment POJ 213), dès 1916, la récolte remonta à 2 tonnes 5 à l'acre. On crut d'abord que ces variétés si incontestablement supérieures étaient indemnes de maladies, ce qui aurait expliqué leur supériorité. Il n'en était rien et même on constata qu'elles étaient souvent malades dans la proportion de 100 pour 100. La récolte étant rémunératrice et ce caractère s'étant maintenu depuis (1916-1932), on comprit qu'il s'agissait d'une maladie douce.

---

(1) Séance du 18 avril 1933.

(2) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 315 et 378.

On s'explique l'énorme succès des types de Java dans toute l'Amérique depuis seize ans.

Ces plants étaient-ils déjà malades quand ils ont été expédiés de Java? Cela paraît probable car M. van Harreveld y a observé, en 1922, des Cannes qui même en montagne avaient déjà 100 pour 100 de pieds mosaïqués. Il paraît vraisemblable que c'est le traitement alpestre qui a produit cette atténuation du virus observée en Amérique. Malheureusement des expériences précises n'ont pas été faites à ce sujet.

Pour la Pomme de terre, M. Botjes a signalé, dès 1928, un cas pathologique analogue en Hollande. Dès 1913, il avait signalé une technique pour obtenir des tubercules sains et c'est grâce à cette méthode qu'il a reconnu l'existence d'une Mosaïque douce.

Il a pu découvrir diverses variétés comme *Roode Star Industrie*, *Triumph* qui étaient si peu malades que les cultivateurs préféraient parfois des types mosaïqués à ceux tout à fait sains. M. Botjes, surpris de ce goût un peu pervers, ne parvint pas à les convaincre, chiffres en main, qu'ils avaient tort : les sains donnant des récoltes supérieures variant de 13 à 25 pour 100.

Il me semble que l'action atténuatrice de l'altitude qui s'est produite vraisemblablement dans les expériences de M. van Harreveld, mais qu'il n'a pas signalée parce qu'il ne la soupçonnait pas. Elle découle peut-être aussi des expériences faites par M. Lebard et moi en 1930 en montagne [1], et certainement de celles que M. Lebard a faites en 1931 à la suite de la résolution que nous avons prise en commun avec MM. Lebard et Magrou d'uniformiser le terrain à diverses altitudes. Nous fîmes transporter d'importantes masses de la terre de La Grave (1500^m), à Villar-d'Arène (1650^m), au Lautaret (2100^m), et à Grenoble (jardin botannique de la Faculté des Sciences, 215^m.). Nous avions donc supprimé ainsi la cause perturbatrice résultant de la différence du terrain [2].

---

(1) *C. R. Acad. Agric.*, 16, 1930, p. 1006, mais Fontainebleau est trop éloigné des Alpes et les terrains de ces deux stations sont trop différents pour être comparés avec certitude.

(2) Nous avons d'ailleurs constaté que les effets de la cause perturbatrice venant du sol étaient assez faibles. Voici les chiffres des récoltes obtenus pour deux variétés *Bevelander* (deux types : l'un procuré par M. Quanjer, l'autre par M. Ducomet).

Cultures de Bevelander à Grenoble.

	Rendements par pied.					
	Terre de La Grave.		Terre primitive.			
Bevelander (de M. Quanjer)	1500^g	975^g	1090^g	920^g	1365^g	1030^g
Bevelander (de M. Ducomet)	1370^g	1010^g	1530^g	990^g	1540^g	1500^g

En 1931, M. Lebard [1], par des précautions minutieuses où s'est révélé son esprit critique, est parvenu à comparer des tubercules rigoureusement semblables (de mêmes poids, ayant le même nombre de germes identiques de mêmes variétés), et il les planta à la même date aux quatre stations d'altitudes différentes. Il mit ainsi en évidence une *loi nouvelle en agriculture*, celle de l'optimum altitudinal se manifestant à 1500^m [2].

Or il avait opéré sur deux variétés : *Bevelander*, indemne de maladie et *Imperia* atteint de ce qu'il a appelé Mosaïque simple. Il désignait sous ce nom une affection que l'on reconnaissait aux taches de la Mosaïque, mais qui « ne modifiait pas sensiblement l'évolution générale de la plante, ni la tubérisation ». Elle ressemble donc à s'y méprendre à la Mosaïque douce de M. Botjes.

D'après ce qui vient d'être rappelé plus haut, il découle que, pour *Imperia légèrement mosaïqué* [3], *l'altitude jusqu'à* 1500^m *diminue la virulence*, puisque la récolte augmente.

On pourrait être tenté de croire que c'est à la disparition des Pucerons en montagne qu'il faut attribuer cette diminution de la maladie. Mais cette opinion est inadmissible, puisque Bevelander, qui était partout cultivé dans le voisinage à toutes les mêmes altitudes, a révélé les mêmes phénomènes. Ce ne sont pas les Pucerons qui, à Grenoble, ont amené une diminution de la récolte puisque cette variété était saine. Il s'agissait bien, dans ce dernier cas, de ce que j'ai appelé une dégénérescence climatérique ou géographique. Il est très important de mentionner que les climats défavorables agissent

---

(1) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 199.

(2) J'ai signalé à l'Académie d'Agriculture (29 mars 1933) que M. Bouget avait, dès 1922, entrevu ce résultat important dans les Pyrénées, mais sans le publier : c'est le troisième contrôle de la loi. Dès 1875, Schübeler et avant lui Schrenk avaient mentionné la décroissance des récoltes de Pomme de terre (comparées à des noisettes) aux très hautes latitudes, 65° et plus (en Scandinavie, en Russie septentrionale et au Groenland). En 1930, MM. Arthur Guthrie et Newell ont signalé la croissance des récoltes dans les hautes altitudes et dans les hautes latitudes, mais sans reconnaître aucun optimum; ces auteurs n'opéraient d'ailleurs que dans le laboratoire et n'ont observé effectivement par eux-mêmes que l'action du froid connue par les expériences de Vöchting (1873).

(3) Il n'est question ici que de la Mosaïque. Certains Agronomes ont affirmé que la montagne augmentait, au contraire, l'Enroulement. Les faits que nous avons constatés en 1930 ne sont pas en accord avec cette opinion (10 faits positifs, 3 négatifs et ces derniers dans des stations au-dessus de 1500^m). Il sera nécessaire de reprendre cette question de l'Enroulement afin de voir s'il y a un Enroulement atténué ou doux. Déjà M. Newton, en Colombie britannique, a affirmé que le climat agissait différemment sur la Mosaïque et sur l'Enroulement (1923).

dans le même sens que les maladies à virus, bien que les causes soient nettement distinctes dans les deux cas.

On dit d'ordinaire que « les tubercules montagnards sont meilleurs » (M. Quanjer, 1931) : cela signifie certainement qu'ils produisent plus en plaine. Cette constatation entraîne, en tenant compte de ce qui vient d'être signalé plus haut et cela pour les pieds sains aussi bien que pour les pieds mosaïqués, que la haute récolte observée en montagne se maintient l'année suivante en plaine. C'est ce que mes collaborateurs et moi avons constaté nettement en 1931 ([1]) et cela consolide grandement ce résultat important. Je l'envisage comme correspondant à une hérédité ébauchée, qui est bien loin d'ailleurs d'être d'une hérédité solide. *Le poids de la récolte par pied paraît bien un criterium de haute valeur pour estimer la résistance à la maladie;* si le poids baisse, c'est que la plante périclite et que sa santé s'altère.

GÉOLOGIE. — *La zone du Briançonnais et les racines des nappes préalpines savoisiennes.* Note ([2]) de MM. **M. Gignoux** et **L. Moret**.

Dans la région des nappes de l'Ubaye et de l'Embrunais, les klippes mésozoïques les plus élevées proviennent pour nous de la bordure occidentale du Briançonnais [première et deuxième écailles de P. Termier = zone du Pas du Roc de D. Schneegans = zone du Galibier (*pars*) de W. Kilian] ([3]). Cette bordure a bien en effet, dans le Sud, les caractères d'une zone de racines, caractères qu'elle garde jusqu'à la latitude du Monestier de Briançon.

Plus au Nord, et en particulier en Maurienne (coupe du Pas du Roc), cette même zone montre des charnières anticlinales fermées, déjà bien décrites par W. Kilian; on ne peut plus y voir des racines. Là se terminerait donc vers le Nord, un *premier feston* méridional, celui des nappes de l'Ubaye-Embrunais, ayant son maximum d'avancée entre Pelvoux et Mercantour.

Plus au Nord encore, à partir de la Tarentaise, la zone du Pas du Roc reprend les caractères d'une zone de racines : c'est l'amorce d'un *deuxième*

([1]) J. Costantin, P. Lebard et J. Magrou, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 902.

([2]) Séance du 3 avril 1933.

([3]) Voir M. Gignoux et L. Moret, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 830, 1064 et 1153.

feston septentrional, celui qui a donné Sulens, les Annes, les Préalpes médianes chablaisiennes et fribourgeoises. Dans sa partie sud, ce feston n'a certainement pas beaucoup dépassé le front actuel des deux klippes de Sulens et des Annes, où se voient des charnières anticlinales frontales; le grand synclinal de Thones a été précisément déterminé par l'emboutissement de ce front de nappe qui a poussé devant lui les plis helvétiques du massif des Bornes.

Si nous cherchons à suivre la racine de notre feston vers le Nord, on est conduit à la faire passer en avant de la zone houillère. Mais ici, à la latitude de Bourg-Saint-Maurice, on peut distinguer, avec W. Kilian, P. Lory et H. Schoeller, les unités suivantes, d'Ouest en Est :

a. Zone du Flysch s. str., avec un grand développement de *brèches* rappelant celles du Chablais et dans lesquelles la part du Jurassique et celle du Nummulitique ne nous paraissent pas encore définitivement établies; vers le Nord cette zone se prolonge par les « brisés du Valais » (collines de Sion);

b. Zone des *schistes lustrés* du Versoyen, avec des masses formidables de *roches vertes*, et, en Italie, l'écaille de gneiss de Pointe Rousse;

c. La bordure mésozoïque de la zone houillère, où se retrouve un *Lias* presque pas métamorphique et sans roches vertes.

Les schistes lustrés de la zone *b*, si curieusement encadrés entre deux bandes de Mésozoïque moins métamorphique, ont reçu diverses interprétations : P. Termier y voyait un lambeau replissé de sa « nappe des schistes lustrés », encapuchonné dans la zone du Briançonnais. Nous y verrions plutôt, hypothèse également proposée par H. Schoeller, le résultat d'un métamorphisme développé dans une avant-fosse différenciée sur place au milieu de la zone briançonnaise, et se prolongeant, d'après Schoeller, par les noyaux des plis simploniques; cette avant-fosse serait à son tour séparée de la grande fosse pennine du Saint-Bernard par la zone houillère non métamorphique (Petit-Saint-Bernard en France, zone houillère pennine en Suisse) avec sa couverture mésozoïque (en Suisse, zone de Pontis).

Pour nous, les *Préalpes médianes* proviendraient de cette couverture. D'un autre côté, puisque la *nappe du Niesen* vient de la bordure occidentale de la zone du Flysch, il serait dès lors bien tentant d'admettre que la *nappe de la Brèche* du Chablais soit originaire de la partie orientale de la zone du Flysch, et que les *lambeaux de roches vertes* et cristallines épars aux environs des Gets sur la nappe de la Brèche proviennent de la zone des schistes lustrés du Versoyen; il est, en effet, frappant de constater que l'apparition

de ces roches exotiques dans les nappes préalpines se fait précisément en face de la région où, dans les zones de racines, apparaissent les roches vertes du Versoyen.

Dans cette interprétation, présentée ici seulement comme une hypothèse de travail, l'ordre de superposition des unités tectoniques chablaisiennes serait donc le suivant, de bas en haut : nappe ultra-helvétique, nappe du Niesen, nappe de la Brèche, lambeaux cristallins des Gets, Préalpes médianes. On retombe ainsi sur une solution tour à tour proposée et écartée par nos confrères suisses.

En tout cas, nous souscrivons entièrement à l'opinion de E. Haug, et nous nous refusons à faire venir aucune de nos nappes préalpines françaises du bord oriental du grand géosynclinal pennin; nous n'aurions donc, en Chablais, plus rien d'austro-alpin. C'est à une conclusion analogue que vient d'aboutir M. Richter (1), mais, d'ailleurs, avec des arguments dont la discussion échappe à notre compétence; notons seulement que sa notion de festons successifs (*Deckenbogen*) se rapproche singulièrement de notre conception.

Les analogies de faciès entre Préalpes médianes et Alpes briançonnaises ont été suffisamment discutées par E. Haug pour que nous n'y revenions point. Toutefois, un des gros arguments invoqués contre la thèse de Haug était l'absence complète du faciès briançonnais *calcaire de Guillestre* dans le Tithonique des Préalpes. Or nous avons pu constater l'identité complète, surprenante, lithologique et stratigraphique, du *marbre de la Vernaz* (vallée de la Dranse du Biot) avec le marbre de Guillestre; d'ailleurs, comme vient de le dire F. Blanchet (2), la plupart des fossiles des calcaires rouges de Guillestre témoignent d'un âge bien inférieur au Tithonique : c'est à l'*Argovien rouge* des Médianes, et non à leur Tithonique (calcaires blancs à Calpionelles superposés, qui existent d'ailleurs dans le Briançonnais), qu'il conviendrait de comparer le marbre de Guillestre.

On nous objectera sans doute que, entre les Préalpes et la zone métamorphique du Grand-Saint-Bernard, on ne connaît pas encore dans notre zone de racines de témoins des terrains préalpins. Ceci s'explique, à notre avis, par l'*intense laminage* de ces racines, ici presque complètement cicatrisées, ou réduites à du Houiller et du Trias (zone de Pontis). Et, à ce sujet, nous ne pouvons manquer de faire remarquer que, à

(1) *Jahrb. d. geol. Bundesanst.*, 70, 1930, p. 497.

(2) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 632.

un géologue traversant les zones alpines internes par la Maurienne, les faciès mésozoïques les plus caractéristiques du Briançonnais resteraient presque complètement inaperçus; nous avons montré en effet [1] que, à cette latitude, ces terrains, couverture du bord occidental de la zone houillère, étaient réduits à des chapelets de klippes minuscules éparses dans la zone des gypses séparant le Houiller de la zone du Pas du Roc. De même, plus au Sud, la coupe de la Tête de Gaulent (écailles briançonnaises à l'ouest de la Roche de Rame) nous a permis de saisir sur le vif le mécanisme par lequel de formidables masses charriées constituant des massifs entiers peuvent sortir de surfaces de contact anormales presque complètement cicatrisées.

PLIS CACHETÉS.

Piles thermoélectriques sans soudure (Résumé, par M. Aimé Cotton, rapporteur, d'un pli cacheté déposé le 6 avril 1925 par M. **J. Gabreau**, et ouvert à la demande de l'auteur dans la séance du 20 mars 1933).

L'auteur proposait divers modèles de piles thermoélectriques sans soudure [2]; en particulier des piles obtenues en effectuant des dépôts des *deux* métaux constituant le couple sur un support plastique, ou sur un fil formé d'un alliage fusible qu'on enlèverait ensuite par la chaleur et la pression.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Albert Einstein. *Les fondements de la théorie de la Relativité générale; Théorie unitaire de la gravitation et de l'électricité; Sur la structure cosmologique de l'espace.* Traduit de l'allemand par Maurice Solovine. (Présenté par M. P. Painlevé.)

2° *Carte géologique du Massif du Mont Blanc à l'échelle de* 1/20 000e, par

(1) *Travaux du Lab. de Géol. de l'Univ. de Grenoble*, 15, III, 1931, p. 86.

(2) On doit faire remarquer que le procédé, dans le cas où l'un des métaux du couple est déposé sur l'autre, était déjà connu. Voir les travaux cités dans les *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 586, et un Mémoire plus ancien de Le Roux, *Annales de Chimie et de Physique*, 10, 1897, p. 203.

MM. Paul Corbin et Nicolas Oulianoff; Feuille *Argentière* et Notice explicative (Triangulations Vallot et Helbronner).

3° S. A. Savine. Huit mémoires relatifs à la théorie de l'élasticité (en langue russe).

4° S. P. Glaziénap. *Tables mathématiques et astronomiques* (en langue russe).

TOPOLOGIE. — *Sur une famille remarquable de courbes topologiques planes.* Note (1) de Mlle **Margherita Piazzolla-Beloch.**

1. Par *courbe topologique plane* j'entends un ensemble fini de branches distinctes telles que ni toutes, ni une portion d'elles, forment une courbe algébrique.

L'*ordre* n d'une pareille courbe est le nombre maximum de points d'intersection avec une droite; son *genre* (réel) est donné par l'expression

$$p = \frac{(n-1)(n-2)}{2} - d \tag{1}$$

(où d est le nombre des points doubles *réels* de la courbe).

2. Puisque deux courbes algébriques irréductibles ne peuvent avoir qu'un nombre fini de points communs, il est évident qu'*une courbe topologique ne peut pas appartenir à plus d'une courbe algébrique irréductible.*

3. Je me propose d'étudier les *courbes topologiques d'ordre n qui rencontrent chaque courbe algébrique d'ordre* $\nu(\geq n)$, *en* $n\nu$ *points au plus, sauf le cas où la courbe topologique appartient toute à la courbe algébrique. Je les appelle courbes quasi algébriques.*

4. J'appelle *irréductible* une courbe quasi algébrique C si aucune de ses branches, ni un groupe de celles-ci, *n'appartient* à une courbe algébrique Γ, sans que toute la courbe C appartienne à Γ; *réductible* dans le cas contraire.

5. Il est aisé de voir, à l'aide de la proposition du n° 2, qu'une courbe *quasi algébrique qui appartient entièrement à une courbe algébrique irréductible, est irréductible* (c'est-à-dire qu'aucune de ses branches ou groupe de ses branches n'appartient à une autre courbe algébrique).

En conséquence, une courbe quasi algébrique réductible ne peut pas appartenir entièrement à une même courbe algébrique irréductible.

6. Soit C une courbe quasi algébrique d'ordre m, et soit ν un nombre

(1) Séance du 10 avril 1933.

tel que

$$(2) \qquad \frac{\nu(\nu+3)}{2} > m\nu,$$

c'est-à-dire

$$\nu > 2m - 3.$$

Si l'on prend alors, sur la courbe C, $\nu(\nu+3)/2$ points arbitraires, par ces points passent une courbe algébrique Γ (irréductible ou réductible), qui coupe la courbe C en

$$i \geqq \frac{\nu(\nu+3)}{2} > m\nu$$

points. La courbe C appartiendra donc entièrement à la courbe algébrique Γ.

Pour chaque valeur de ν satisfaisant à l'inégalité (2), on obtiendra une courbe algébrique Γ d'ordre ν, à laquelle la courbe C appartient. De toutes ces courbes algébriques soit Γ_0 celle d'ordre minimum ν_0, satisfaisant à l'inégalité (2). Toutes les autres courbes Γ auront alors la courbe Γ_0 comme partie commune.

Si Γ_0 est irréductible, C sera irréductible.

Si Γ_0 est réductible, toutes les courbes Γ (y compris Γ_0) auront une partie commune algébrique K à laquelle appartiendra la courbe topologique C. Si K est irréductible, C le sera également. Si K est réductible et se compose des courbes algébriques irréductibles K_1, K_2, ..., K_r, la courbe C sera irréductible, si elle appartient entièrement à une seule de ces courbes; réductible, si les branches de C n'appartiennent pas toutes à une seule de ces courbes.

On a donc le théorème suivant :

Une courbe quasi algébrique irréductible est toujours formée d'un ensemble de branches appartenant toutes à une courbe algébrique irréductible. Une courbe quasi algébrique réductible n'appartient jamais à une courbe algébrique irréductible, mais ses branches se répartissent en divers groupes appartenant chacun à une courbe algébrique irréductible.

6. Un ensemble de branches d'une courbe algébrique ne forme pas nécessairement une courbe quasi algébrique. On a, à cet égard, le théorème suivant :

Étant donnée une courbe algébrique Γ *d'ordre* n, *les courbes topologiques d'ordre* $n' < n$, *formées d'un certain nombre de ses branches, ne sont pas des courbes quasi algébriques.*

On peut aussi énoncer la proposition suivante :

Une courbe quasi algébrique irréductible d'ordre n est toujours formée d'un ensemble de branches appartenant à une courbe algébrique irréductible du même ordre n; et *vice versa*.

7. Si la courbe algébrique Γ ne possède pas de points singuliers, en appliquant le théorème de Harnack à la courbe Γ, on voit immédiatement qu'*une courbe quasi algébrique d'ordre n, sans points singuliers, ne peut pas avoir plus de* $(n-1)(n-2)/2$ *branches*.

8. Si l'on suppose au contraire que la courbe algébrique Γ, d'ordre n, possède D points doubles, le nombre d des points doubles (réels) de la courbe quasi algébrique C sera $d \leqq D$. En observant qu'en conséquence, pour la formule (1), le genre p de C est $\geqq$ au genre π de Γ, et comme il est évident qu'une courbe algébrique unicursale ne peut pas donner lieu à une courbe quasi algébrique, on en déduit que

$$p \geqq 1.$$

En conséquence, on a

$$d \leqq \frac{n(n-3)}{2},$$

c'est-à-dire : *une courbe quasi algébrique ne peut pas avoir plus de* $n(n-3)/2$ *points doubles*.

9. Comme conséquence de la relation

$$p \geqq \pi,$$

et du théorème de Harnach, on déduit qu'*une courbe quasi algébrique du genre p ne peut pas avoir plus de p branches*.

On voit sans difficulté qu'il existe effectivement des courbes quasi algébriques d'ordre n irréductibles possédant $(n-1)(n-2)/2$ branches, c'est-à-dire le maximum.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur des courbes fermées et leurs bouts premiers.* Note de Mlle **Marie Charpentier**.

L'étude des courbes de M. Birkhoff [1] m'a amenée à m'occuper des courbes fermées dont certains bouts premiers sont identiques à la courbe entière. Le but de cette Note est de montrer que si *une courbe possède au moins un tel bout premier, elle est formée d'un ou deux continus indécomposables*.

---

[1] *Bulletin de la Société mathématique de France*, 60, fasc. I, II, 1932, p. 1.

Rappelons quelques définitions : *une courbe fermée* (Schœnflies) est un ensemble fermé divisant le plan en deux régions et chacun de ses points est point limite des deux régions, c'est une *coupure irréductible* de M. Kuratowski [1].

Une *transversale ab* divise le domaine D limité par une telle courbe C en deux domaines simplement connexes D_1 et D_2.

Une *chaîne de transversales* est une suite de transversales sans points communs deux à deux, telles que, si la transversale t_i précède la transversale t_j, le domaine partiel d_i limité par t_i contienne le domaine partiel d_j limité par t_j.

Un *bout premier* [2] est l'ensemble limite des domaines partiels d_n limités par les transversales d'une chaîne quand ces transversales tendent vers zéro. Un *continu de condensation* d'un continu C est un sous-continu K de C tel que $\overline{C - K} \supset K$.

Un *continu indécomposable* C est un continu qui n'est pas la somme de deux continus différents de lui, tout sous-continu d'un continu indécomposable est son continu de condensation.

Je donne ici les énoncés des principaux théorèmes, mais aucun raisonnement.

1. Nous étudions la frontière F d'un domaine partiel D_2 quand la frontière du domaine D_1 complémentaire de D_2 par rapport à D contient la frontière C de D.

Soit $F = C_1 + C_2 + C_3$, C_1, C_2, C_3 continus :

Lemme I. — *Si* C_1, C_2, C_3 *sont de vrais sous-continus de* F. $C_1 \supset a$, $C_3 \supset b$, $C_2 \times (a + b) = 0$ *et dist.* $(C_1, C_3) = d > 0$.

Théorème I. — *Cette décomposition n'est possible que si* C_2 *est-continu de condensation de* C *sans être continu de condensation de* F.

a. C_2 *est continu de condensation de* F.

Lemme II. — *Étant donnés un continu* C *et un de ses sous continus* H; $H.\overline{C - H}$ *satisfait à* $H.\overline{C - H} \subset \overline{\overline{C - H} - H.\overline{C - H}}$.

Théorème II. — *Si* F *est décomposable, on peut la décomposer en deux continus indécomposables* G et H.

b. C_2 *n'est pas continu de condensation de* F *et* $K.C_1$ *est connexe, comme* $K.C_3$ *avec* $K = \overline{C - (C_1 + C_2 + C_3)}$.

Théorème III. — F *est continu de condensation de* C.

---

[1] C. Kuratowski, *Fundamenta Mathematicae*, 6, 1924, p. 130.

[2] C. Carathéodory, *Mathematische Zeitschrift*, 73, 1912, p. 325.

c. C_2 *n'est pas continu de condensation de* F *et* C_1. K *n'est pas connexe*.

Décomposons $C = K + H$ avec $H = \overline{C_1 - \overline{C - C_1}}$, $K = \overline{C - C_1}$.

Théorème IV. — *Si* F *est décomposable on peut choisir la décomposition* $H + G$ *de façon que* H *soit indécomposable et* G *continu de condensation de* $\overline{C - H}$.

2. Nous faisons tendre vers zéro des chaînes de transversales satisfaisant aux conditions ci-dessus, soit $a_n b_n$, quel que soit n, F_n satisfait aux conditions ci-dessus et $\lim F_n = C$.

Les cas *a* et *c* se ramènent au cas *b*.

Lemme I. — Un sous-continu H de C ne peut contenir deux points accessibles *p* et *q* sans contenir tous les points accessibles de C de *p* à *q* ou de *q* à *p*.

Lemme II. — Si C est décomposable en $G + H$, à partir d'un certain rang tous les a_n appartiennent à G et tous les b_n à H.

Lemme III. — *Les points principaux* (Hauptpunkte) *du bout premier appartiennent à* H.G.

En particulier, si le bout premier est de troisième espèce, C est un *continu indécomposable*.

Soit M un sous-continu de G :

1° Si M contient tous les a_n à partir d'un certain rang, M est identique à G;

2° Si M ne contient plus aucun a_n pour $n > N$, M est continu de condensation de G.

Donc H et G sont indécomposables. Il vient :

Si C *est décomposable, on peut décomposer* C *en deux continus* G *et* H *qui sont indécomposables*.

C est un continu indécomposable quand elle possède au moins trois bouts premiers identiques à elle-même.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions holomorphes*.

Note (1) de M. N. **Botea**, présentée par M. Élie Cartan.

1. M. D. Pompeiu a donné (2) le théorème suivant, généralisant la forme réciproque du théorème des accroissements finis pour les fonctions holomorphes :

(1) Séance du 10 avril 1933.

(2) *Sitzungsb. der Kaiserl. Akad. der Wissenschaften in Wien*, **120**II, 1911, p. 1249-1252; *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 794.

Si une fonction $f(z)$ est holomorphe dans le voisinage d'un point z_0 et si $f'(z_0)$ est la valeur de la dérivée de $f(z)$ au point z_0, on peut toujours trouver, dans le voisinage de z_0, deux points z_1 et z_2 tels que

$$f'(z_0) = \frac{f(z_1) - f(z_2)}{z_1 - z_2}.$$

Dans un Mémoire récent [1], M. P. Montel a généralisé ce théorème en démontrant la proposition suivante :

Sur toute courbe fermée, entourant le point z_0, il existe au moins un couple de points z_1 et z_2 vérifiant l'égalité

$$f(z_2) - f(z_1) = (z_2 - z_1) f'(z_0).$$

Nous avons généralisé ces propositions en démontrant le théorème :

Si les fonctions $f(z)$, $\varphi(z)$ et $f'(z)/\varphi'(z)$ sont holomorphes dans le voisinage (D) d'un point z_0, sur toute courbe fermée (C) de ce domaine (D), qui entoure le point z_0, il existe au moins un couple de points z_1 et z_2 vérifiant l'égalité

$$\frac{f(z_2) - f(z_1)}{\varphi(z_2) - \varphi(z_1)} = \frac{f'(z_0)}{\varphi'(z_0)}.$$

Il suffit de considérer la fonction

$$F(z) = f(z) - \frac{f'(z_0)}{\varphi'(z_0)} \varphi(z)$$

et d'appliquer le théorème Pompeiu-Montel. Si $\varphi(z) = z$, on obtient ce théorème.

2. Utilisons la notation

$$D_{n+1}(f) = \begin{vmatrix} 1 & z_1 & z_1^2 & \dots & z_1^{n-1} & f(z_1) \\ 1 & z_2 & z_2^2 & \dots & z_2^{n-1} & f(z_2) \\ \cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot & \dots & \dots\cdot & \dots\cdot\cdot \\ 1 & z_{n+1} & z_{n+1}^2 & \dots & z_{n+1}^{n-1} & f(z_{n+1}) \end{vmatrix}$$

et appelons, avec M. Montel, domaine de convexité relatif à un ensemble de points le domaine convexe formé par les points communs à tous les domaines limités par une courbe fermée convexe qui entoure tous les points de l'ensemble.

Si les fonctions $f(z)$, $\varphi(z)$, $f^{(n)}(z)/\varphi^{(n)}(z)$ sont holomorphes dans le voisinage d'un point z_0, on peut toujours trouver dans le voisinage $(n+1)$ points

---

[1] *Annali della R. Scuola Normale superiore di Pisa*, 2e série, 1, 1932, p. 371-384.

distincts $z_1, z_2, \ldots, z_{n+1}$, *tels que l'on ait l'égalité*

$$D_{n+1}(f) = \frac{f^{(n)}(z_0)}{\varphi^{(n)}(z_0)} D_{n+1}(\varphi).$$

Si $\varphi(z) = z^n$, on obtient une proposition donnée par M. Montel.

3. *Si* $f(z)$, $\varphi(z)$, $f^{(n)}(z)/\varphi^{(n)}(z)$ *sont des fonctions holomorphes dans le domaine de convexité des points* $z_1, z_2, \ldots, z_{n+1}$ *supposés distincts, on peut écrire*

$$D_{n+1}(f) = \lambda \frac{f^{(n)}(\alpha)}{\varphi^{(n)}(\alpha)} D_{n+1}(\varphi),$$

α *désignant l'affixe d'un point du domaine de convexité des points* $z_1, z_2, \ldots, z_{n+1}$, *et* λ *un nombre complexe de module inférieur ou égal à l'unité.*

Si $\varphi(z) = z^n$, $\varphi^{(n)}(z) = n!$, on obtient un théorème donné par M. Montel.

Si $n = 1$, on a la proposition de Darboux :

Si $f(z)$ *est une fonction holomorphe de* z, *on a*

$$f(z_2) - f(z_1) = \lambda(z_2 - z_1) f'(\alpha),$$

α *désignant l'affixe d'un point du segment rectiligne* z_1, z_2 *et* λ *un nombre complexe de module inférieur ou égal à l'unité.*

Notre formule peut être remplacée par une autre formule qui généralise celle par laquelle Weierstrass a remplacé la formule de Darboux.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les espaces des fonctions presque périodiques.* Note de MM. **W. Stepanoff** et **A. Tychonoff**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Soit donné un ensemble de fonctions bornées d'une variable réelle $\{f(t)\}$, $-\infty < t < +\infty$; toute fonction de cet ensemble peut être considérée comme un point d'un espace métrique, la distance entre f_1 et f_2 étant définie par $\sup\limits_{-\infty<t<+\infty} |f_1(t) - f_2(t)|$.

L'espace $R(f)$ *d'une fonction* bornée $f(t)$, d'après M. A. Markoff [1], est formé des « points » $f(t+\tau)$ (τ est une constante arbitraire) et de leurs éléments limites $\varphi(t) = \lim f(t+\tau_n)$. L'espace $R(f)$ est compact

[1] Conférence faite au Congrès Mathématique de U. S. S. R. à Charkoff, 1930 (sous presse).

dans le cas seulement où $f(t)$ est presque périodique (1). Nous ne considérerons dans la suite que les espaces des fonctions presque périodiques.

Dans l'espace $R(f)$ la « courbe » $f(t+\tau)$, $-\infty < t < +\infty$, est partout dense; sur cette courbe est défini un groupe de translations au paramètre τ; ce groupe peut être prolongé par continuité sur tout l'espace $R(f)$; nous obtenons ainsi un groupe commutatif simplement transitif dont l'espace R est par conséquent homéomorphe à l'espace $R(f)$. On obtient ainsi :

Théorème I. — *L'espace d'une fonction presque périodique est l'espace d'un groupe commutatif compact.*

Ce groupe possède un sous-groupe de translations partout dense. On démontre la proposition inverse :

Théorème II. — *Tout espace d'un groupe commutatif compact, possédant un sous-groupe à un paramètre partout dense, est homéomorphe à l'espace d'une fonction presque périodique.*

2. Considérons une fonction quasi périodique à une base entière de deux éléments indépendants :

$$f(t) \sim \Sigma A_{n_1 n_2} e^{2\pi i (n_1 \lambda_1 + n_2 \lambda_2) t} \qquad (n_1, n_2, \text{ nombres entiers}).$$

L'espace de cette fonction est le tore (x_1, x_2), les variables étant prises (mod 1). De même, pour une fonction presque périodique à une base (infinie) entière

$$f(t) \sim \Sigma A_n e^{2\pi i (r_{n,1}\lambda_1 + r_{n,2}\lambda_2 + \ldots + r_{n,q_n}\lambda_{q_n}) t} \qquad (r_{n,1}, \ldots, r_{n,q_n}, \text{ nombres entiers}),$$

l'espace $R(f)$ est le « tore à une infinité de dimensions » $T(x_1, x_2, \ldots, x_n, \ldots)$, les variables étant prises (mod 1) et la convergence étant définie comme convergence faible (2).

3. Soit $f(t)$ une fonction « périodique à la limite » (*grenzperiodisch*)

$$f(t) \sim \Sigma A_n e^{2\pi i r_n \lambda t} \qquad (r_n \text{ rationnel});$$

elle peut être approximée uniformément par une suite de fonctions périodiques $p_1(t)$, $p_2(t)$, ..., $p_n(t)$, ... (3). Nous démontrons le :

Lemme. — *On peut choisir une suite* $\{p_n(t)\}$ *convergeant vers* $f(t)$, *de manière que la période de chaque fonction de cette suite soit un multiple de la période précédente :* $\sigma_n = m_{n-1}\sigma_{n-1}$.

---

(1) S. Bochner, *Mathematische Annalen*, 96, 1926, p. 143-144.

(2) H. Bohr, *Acta mathematica*, 46, 1924, p. 137-140 et 174-182.

(3) H. Bohr, *Acta mathematica*, 46, 1924, p. 141-146.

L'espace R(f) de cette fonction est un solénoïde (L. Vietoris, van Dantzig) dont la construction est la suivante. Considérons un tore T_1 dans l'espace de 3 dimensions; à l'intérieur de T_1 prenons un autre « tore » (topologique) T_2 qui fait m_1 tours le long de T_1; de même le tore T_3 fait m_2 tours à l'intérieur de T_2 et ainsi de suite. Le continu de dimension 1, S est défini comme $T_1.T_2.T_3.\ldots$

4. On peut définir à l'intérieur de T_1 une famille continue de trajectoires remplissant T_1, dont une partie coïncide avec S. On peut écrire les équations différentielles de ce mouvement, et l'on obtient ainsi les équations différentielles qui ont des solutions ayant un caractère périodique à la limite.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les fonctions presque périodiques et l'*Analysis situs. Note de M. **L. Pontrjagin**, présentée par M. Élie Cartan.

Je me propose de communiquer dans cette Note quelques résultats pouvant servir de base à une théorie topologique des fonctions presque périodiques.

1. L'origine des problèmes topologiques surgissant de la théorie des fonctions presque périodiques est la notion fondamentale de l'*espace* d'une fonction presque périodique ([1]). Or cet espace peut être considéré comme un groupe continu abélien ([2]) que nous désignerons par R(f).

Théorème I. — *Parmi les groupes* R(f) *il y a un groupe universel* T [c'est-à-dire un groupe topologique qui contient l'image isomorphe ([3]) de R(f), quelle que soit la fonction périodique f].

Ce groupe topologique universel n'est d'ailleurs autre chose que le tore à une infinité de dimensions que MM. Stepanoff et Tychonoff ont considéré dans leur Note citée. La fonction presque périodique $f(t) \sim \Sigma A_k e^{2\pi i \lambda_k t}$ étant donnée, on définit le sous-groupe R′ de T isomorphe à R(f) par les

(1) Voir Bochner, *Math. Annalen*, 96, 1926, p. 143-144.

(2) Voir la Note ci-dessus de MM. Stepanoff et Tychonoff, où l'on trouvera l'étude géométrique de ces groupes pour quelques types importants de fonctions presque périodiques.

(3) Un isomorphisme entre deux groupes est une correspondance biunivoque qui est en même temps isomorphe au point de vue algébrique et homéomorphe au point de vue topologique.

équations à coefficients entiers

$$(1)\qquad \Sigma N_k x_k = 0,$$

correspondant aux relations $\Sigma N_k \lambda_k = 0$ entre les *fréquences* λ_k de f; les x_k désignent, dans (1), les coordonnées cycliques (réduites module 1) des points de T.

2. Pour aller plus loin, considérons sous le nom du *groupe des fréquences* $F(f)$ de $f \sim \Sigma A_k e^{2\pi i \lambda_k t}$ le groupe additif des nombres réels $\Sigma t_k \lambda_k$, les coefficients t_k étant des entiers quelconques. Il y a alors une dualité remarquable entre les deux groupes $R(f)$ et $F(f)$, savoir :

THÉORÈME II. — *Chacun des groupes* $R(f)$ *et* $F(f)$ *est, à une isomorphie près, le groupe des caractères de l'autre* (¹).

En se basant sur ces propositions, on démontre encore :

THÉORÈME III. — *La dimension (au sens de M. Brouwer) de* $R(f)$, *considéré comme espace topologique, est égale au rang de* $F(f)$, c'est-à-dire au nombre maximal des fréquences linéairement indépendantes de la fonction f.

THÉORÈME IV. — *Le groupe* $F(f)$ *est isomorphe au premier groupe cyclomatique de l'espace topologique* $R(f)$ (²).

Ce théorème exprime une relation peut-être inattendue entre un fait purement analytique et une profonde propriété topologique de l'espace $R(f)$.

THÉORÈME V. — *Si la dimension de* $R(f)$ *est égale à un nombre fini r, le* $r^{\text{ième}}$ *groupe cyclomatique de* $R(f)$ *est un groupe cyclique dans le cas, et dans le cas seulement, où* $F(f)$ *admet un nombre fini de générateurs*, c'est-à-dire quand f est quasi périodique.

3. *Application aux équations différentielles.* — On déduit du théorème V la proposition suivante :

Soit $dx_i/dt = X_i(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ $(i = 1, 2, \ldots, n)$ un système d'équations différentielles avec des seconds membres uniformes et satisfaisant à la condition de Cauchy-Lipschitz. Si $\{x_1(t), x_2(t), \ldots, x_n(t)\}$ est une solution presque périodique (non quasi périodique) du système ci-dessus, le

(¹) Voir, pour la définition et quelques propriétés des groupes de caractères, *Verhandl. intern. Math. Kongresses*, Zurich, 2, 1932, p. 195.

(²) J'appelle ici *$r^{\text{ième}}$ groupe cyclomatique* le groupe que j'ai introduit dans mon Mémoire des *Math. Annalen*, 105, 1931, p. 165-205, sous le nom de groupe orthogonal à la cyclose r-dimensionnelle d'un espace compact.

nombre des fréquences linéairement indépendantes de cette solution ne dépasse pas $n-2$. Pour le cas quasi périodique le nombre analogue est au plus égal à $n-1$ (résultat de MM. Andronoff et Witt).

Des résultats analogues peuvent être obtenus par les mêmes méthodes dans le cas plus général où les X_i dépendent de t d'une façon presque périodique.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur deux questions relatives à l'équation de M. P. Humbert.* Note de M. **Jacques Devisme**, présentée par M. Élie Cartan.

I. Nous avons signalé (¹) l'existence de formes différentielles, qui se conservent à un facteur près lorsqu'on effectue le changement de variables

$$X=X(x, y, z), \qquad Y=Y(x, y, z), \qquad Z=Z(x, y, z),$$

où X, Y, Y sont solutions du système

$$\frac{\partial X}{\partial x}=\frac{\partial Y}{\partial y}=\frac{\partial Z}{\partial z},$$
$$\frac{\partial X}{\partial y}=\frac{\partial Y}{\partial z}=\frac{\partial Z}{\partial x},$$
$$\frac{\partial X}{\partial z}=\frac{\partial Y}{\partial x}=\frac{\partial Z}{\partial y},$$

ou de l'un des cinq autres systèmes considérés en même temps.

De ces expressions différentielles, nous avons déduit ensuite des notions de *longueur* et d'*angle*.

Nous voudrions signaler ici que les propriétés d'invariance rappelées plus haut appartiennent aussi à l'expression

$$d\sigma^3=(dy\,\delta z-dz\,\delta y)^3+(dz\,\delta x-dx\,\delta z)^3+(dx\,\delta y-dy\,\delta x)^3$$
$$-3(dy\,\delta z-dz\,\delta y)(dz\,\delta x-dx\,\delta z)(dx\,\delta y-dy\,\delta x),$$

à laquelle nous attacherons vraisemblablement par la suite la notion d'élément d'*aire*.

Si nous utilisons les variables ρ, θ, φ en effectuant le changement de variables

$$x=\rho\,P(\theta, \varphi), \qquad y=\rho\,Q(\theta, \varphi), \qquad z=\rho\,R(\theta, \varphi)$$

(¹) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1154; 194, 1932, p. 1059.

où $P(\theta, \varphi)$, $Q(\theta, \varphi)$, $R(\theta, \varphi)$ sont les cosinus d'Appell, nous trouvons

$$d\sigma^3 = \rho^6(d\theta\,\delta\varphi - d\varphi\,\delta\theta)^3 + \rho^3(d\varphi\,\delta\rho - d\rho\,\delta\varphi)^3 + \rho^3(d\rho\,\delta\theta - d\theta\,\delta\rho)^3$$
$$- 3\rho^4(d\theta\,\delta\varphi - d\varphi\,\delta\theta)(d\varphi\,\delta\rho - d\rho\,\delta\varphi)(d\rho\,\delta\theta - d\theta\,\delta\rho).$$

Si nous prenions $d\sigma$ comme surface élémentaire définie par les directions d, δ, nous verrions que les équations

$$x = \rho_0\theta, \qquad y = \rho_0\varphi$$

établissent une correspondance à *aires* égales entre le plan $z = z_0$ et la sphère d'Appell $\rho = \rho_0$. Une fois de plus nous constatons l'*applicabilité* de cette surface sur le plan.

Signalons encore que si $P(\alpha, \beta)$, $Q(\alpha, \beta)$, $R(\alpha, \beta)$ sont les cosinus directeurs d'Appell de la direction de la normale à l'élément plan $d\sigma$, on aura

$$d\sigma_x = dy\,\delta z - dz\,\delta y = P(-\alpha, -\beta)\,d\sigma,$$
$$d\sigma_y = dz\,\delta x - dx\,\delta z = R(-\alpha, -\beta)\,d\sigma,$$
$$d\sigma_z = dx\,\delta y - dy\,\delta x = Q(-\alpha, -\beta)\,d\sigma.$$

II. Le 22 mars 1933, à la Société mathématique de France, M. A. Liénard a donné une formule de Green pour l'équation de M. P. Humbert en la mettant sous la forme

$$\frac{\partial}{\partial\zeta}\left(\frac{\partial^2}{\partial\xi^2} + \frac{\partial^2}{\partial\eta^2}\right)U = 0,$$

et a résolu le problème de Dirichlet pour une surface fermée connaissant sur la surface les valeurs $\partial U/\partial z$, ainsi que les valeurs de U sur la portion de surface où $\cos(N, z)$ conserve un signe constant donné à l'avance (¹).

Je voudrais signaler ici que j'avais obtenu partiellement ces résultats sans leur donner la publicité voulue en me posant le problème sous la forme très peu différente suivante : Résoudre le problème de Dirichlet pour la fonction $V = \partial U/\partial t$, les données sur le contour (déformable dans le temps) dépendant du temps. Il y a lieu de rechercher ce qui se passe en un point $M(a, b)$ lorsqu'au temps $t = t_0$ le contour vient à passer par ce point. Nous pourrions nous poser des problèmes analogues pour nos équations

$$\Delta_{3,n}U = 0 \quad (^2).$$

(¹) Je dois ces renseignements à M. Liénard.

(²) J. Devisme, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 516.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur le rôle de la deuxième condition de F. Riesz dans les espaces abstraits et sur certaines propriétés de connexion.* Note [1] de M. **Antoine Appert**, transmise par M. Émile Borel.

Cette Note a pour objet de compléter les résultats obtenus dans ma Note des *Comptes rendus* de juin 1932 (194, p. 2277) en étendant un certain nombre de propriétés des espaces abstraits les plus usuels et en particulier des espaces accessibles, à diverses classes d'espaces plus généraux et d'une définition simple.

I. Je renvoie à ma Note citée à l'instant pour la définition des *espaces* ($\mathcal{V}$) (espaces où les voisinages ne sont soumis à aucune condition) et pour la terminologie adoptée. J'avais considéré les conditions suivantes dont la première est la plus importante :

α. *Tout ensemble de fermeture* $\overline{\text{E}} = \text{E} + \text{E}'$ *est fermé.*

β. *Tout ensemble dérivé* E′ *est fermé.*

Et j'avais indiqué qu'il existait des espaces ($\mathcal{V}$) vérifiant α sans vérifier β, et des espaces ($\mathcal{V}$) vérifiant β sans vérifier α.

J'appellerai de plus conditions 2° et 3° de F. Riesz les conditions suivantes :

2° *Pour tous ensembles* E *et* F *on a* $(\text{E}+\text{F})' \subset \text{E}'+\text{F}'$;

3° *Tout ensemble réduit à un seul élément a un dérivé vide.*

Alors on a les résultats suivants.

Dans un espace ($\mathcal{V}$) vérifiant 2° la condition β entraîne la condition α mais α n'entraîne pas β. Dans un espace ($\mathcal{V}$) vérifiant 2° et 3° les conditions α et β sont équivalentes. On peut définir un *espace accessible* au sens de M. Fréchet (*Les espaces abstraits*. Paris, Gauthier-Villars, 1928, p. 185) comme un espace ($\mathcal{V}$) vérifiant 2°, 3° et α.

Les espaces ($\mathcal{V}$) vérifiant 2° et α jouissent de presque toutes les propriétés des espaces accessibles tout en étant *plus généraux*, mais ils sont *moins généraux* que les espaces ($\mathcal{V}$) vérifiant α.

Il est intéressant de constater que, *dans un espace* ($\mathcal{V}$), *l'ensemble des conditions* 2° *et* α *équivaut à la relation suivante :*

$$\text{F}' \text{ intérieur de E} \subset (\text{F intérieur de E}').$$

(Je représente d'une manière générale par EF le produit ou l'ensemble commun aux ensembles E et F.) La relation ci-dessus exprime, sous une forme légèrement différente, ce que M. Fréchet appelait la *propriété de*

---

[1] Séance du 18 avril 1933.

Hedrick généralisée et qui entrait dans une de ses définitions des espaces accessibles (M. Fréchet, *Ouvrage cité*, p. 211-212).

II. Indiquons maintenant quelques propriétés liées à la condition 2°.

La condition 2° équivaut dans un espace ($\mathcal{V}$) *à l'une quelconque des quatre relations suivantes :*

$$(E+F)' = E' + F',$$
$$\overline{E+F} = \overline{E} + \overline{F}$$
$$[\text{intérieur de } (EF)] = (\text{intérieur de } E)(\text{intérieur de } F),$$
$$F' \text{ intérieur de } E \subset (FE)'.$$

Considérons de plus les deux propriétés suivantes qui sont équivalentes dans un espace ($\mathcal{V}$) :

p_{I}, toute somme d'un nombre fini d'ensembles fermés est fermée.

p_{II}, tout produit d'un nombre fini d'ensembles ouverts est ouvert.

p_{I} et p_{II} *sont vraies dans les espaces* ($\mathcal{V}$) *vérifiant* 2° *et aussi dans certains espaces* ($\mathcal{V}$) *ne vérifiant pas* 2°, *mais cessent d'être exactes dans l'espace* ($\mathcal{V}$) *le plus général.*

Enfin, dans un espace ($\mathcal{V}$) *vérifiant* 2° *et dense en soi, tout point est point d'accumulation de tout ensemble auquel il est intérieur, et, en particulier, tout ensemble ouvert est dense en soi* (c'est-à-dire appartient à son dérivé).

Ces deux propriétés s'étendent à certains espaces ($\mathcal{V}$) ne vérifiant pas 2°, mais elles ne s'étendent même pas à tous les espaces ($\mathcal{V}$) denses en soi.

III. Rappelons maintenant les définitions suivantes. Un ensemble G est *bien enchaîné* si, quels que soient les ensembles E et F non vides, différents et tels que $G = E + F$ on a toujours $EF' + E'F + E'F' \neq 0$.

Un ensemble G est *connexe* si, quels que soient les ensembles E et F non vides, différents et tels que $G = E + F$ on a toujours $EF' + E'F \neq 0$.

J'ai démontré les théorèmes suivants :

Dans un espace ($\mathcal{V}$) *il y a identité entre un ensemble fermé bien enchaîné, un ensemble fermé connexe et un ensemble fermé indécomposable en une somme de deux ensembles non vides, fermés et sans élément commun.* (Un tel ensemble, s'il contient plus d'un point, sera dit un *continu.*)

Ce théorème est dû à M. Fréchet dans le cas d'un espace accessible [*Sur les ensembles abstraits* (*Ann. Éc. Norm. sup.*, 38, 1921, p. 370)].

Par contre posons :

A = classe des ensembles *ouverts* bien enchaînés.

B = classe des ensembles *ouverts* connexes.

C = classe des ensembles *ouverts* indécomposables en une somme de deux ensembles non vides, ouverts et sans élément commun.

Dans un espace ($\mathcal{V}$) *vérifiant* 2° *on a* $C = B \subset A$ *avec en général* $B \neq A$. (La relation $B \neq A$ subsiste même dans l'espace euclidien.)

Dans l'espace ($\mathcal{V}$) le plus général il subsiste $B \subset C$ avec en général $B \neq C$.

Dans un espace ($\mathcal{V}$) *si l'ensemble* G *est connexe* (*bien enchaîné*) *et si* $H \subset G'$, *alors* $G + H$ *est aussi connexe* (*bien enchaîné*).

Dans un espace ($\mathcal{V}$) *si* G *est bien enchaîné*, $\overline{G} = G + G'$ *est non seulement bien enchaîné mais même connexe.*

En particulier dans un espace ($\mathcal{V}$) vérifiant α si G est bien enchaîné, $\overline{G}$ est un continu ou est réduit à un seul point. Ce théorème est dû à M. Fréchet dans le cas plus particulier d'un espace accessible (Mémoire cité, p. 370).

Réciproquement dans un espace ($\mathcal{V}$) *vérifiant* 2° *et* α *si un ensemble de la forme* $G + H$ *est bien enchaîné avec* $H \subset G'$, *alors* G *est aussi bien enchaîné; en particulier si* $\overline{G}$ *est bien enchaîné,* G *est aussi bien enchaîné*. Ce dernier résultat est dû à M. Fréchet dans le cas plus particulier d'un espace accessible (Mémoire cité, p. 370).

Par contre il existe des espaces ($\mathcal{V}$) vérifiant 2°, qui sont même des espaces de Linfield, où un ensemble G non bien enchaîné peut être tel que $\overline{G}$ soit bien enchaîné et soit même un continu.

Dans un espace ($\mathcal{V}$) *vérifiant* 3° *de F. Riesz tout continu est un ensemble parfait* (*c'est-à-dire identique à son dérivé*). Cette dernière proposition qui est due à M. Fréchet dans un espace accessible (Mémoire cité, p. 370) ne s'étend même pas à tous les espaces ($\mathcal{V}$) vérifiant 2° et α.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Sur la nature analytique des solutions des systèmes canoniques intégrables par quadratures.* Note [1] de M. **Giovanni Lampariello**, présentée par M. Henri Villat.

Étant donné un système canonique dont la fonction H d'Hamilton est indépendante du temps, il est bien connu que, si H est du type de Stäckel, on est conduit, sous certaines conditions, à la notion importante des *mouvements multipériodiques*, d'après M. Husson.

Dans ces mouvements, la solution générale est représentée par les équations

$$\begin{aligned} p_h &= \varphi_h(J_1, J_2, \ldots, J_n \mid u_1, u_2, \ldots, u_n) \\ q_h &= \psi_h(J_1, J_2, \ldots, J_n \mid u_1, u_2, \ldots, u_n) \end{aligned} \qquad (h = 1, 2, \ldots, n).$$

(1) Séance du 27 mars 1933.

où les J désignent n constantes arbitraires et où les variables

$$u_i = \omega_i t + \beta_i \qquad (i = 1, 2, \ldots, n)$$

sont fonctions linéaires du temps. Les β et J sont les $2n$ constantes d'intégration, les ω_i des constantes qui en dépendent et les fonctions φ et ψ sont périodiques de période 2π par rapport à toutes les u ([1]).

Or, dans le cas de Stäckel, le système canonique admet n intégrales quadratiques (en involution) et l'intégration est justement ramenée aux quadratures, d'après un théorème de Liouville ([2]).

On peut établir un résultat analogue, mais plus général, quand on remplace le criterium de la séparation des variables par une condition géométrique, précisément, *si l'on suppose que les équations canoniques admettent n intégrales uniformes en involution y compris celle de l'énergie, indépendantes du temps, lesquelles représentent dans l'espace des phases une variété σ fermée et dépourvue de points multiples.*

D'une manière précise, nous introduirons l'hypothèse que, à l'aide des intégrales connues, les coordonnées p, q d'un point quelconque de σ soient exprimées en fonctions périodiques de période 2π de n variables paramétriques $u_1, u_2, \ldots, u_n$ ([3]).

D'après le théorème de Liouville rappelé ci-dessus, on sait que toute fonction W définie par

$$dW = \sum_h p_h \, dq_h$$

est une intégrale complète de l'équation d'Hamilton-Jacobi associée au système canonique.

En introduisant les u on obtient $dW = \sum_i U_i \, du_i$, où les fonctions U sont périodiques et dépendent des J.

On voit aisément que la différence

$$\lambda_i = W(u_i + 2\pi) - W(u_i)$$

entre les valeurs de W correspondant à $u_i + 2\pi$ et u_i (toutes les autres u

---

([1]) M. T. Levi-Civita a démontré récemment que tout système dynamique à mouvements multipériodiques admet n intégrales uniformes (le long des solutions). Cf. son Mémoire sous presse dans le *Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik*.

([2]) Cf. T. Levi-Civita et U. Amaldi, *Lezioni di Meccanica razionale*, 2, Bologne, 1927, Chap. X, § 7, p. 2.

([3]) La possibilité d'une telle représentation pour σ implique évidemment seulement des conditions de nature topologique parce qu'on serait conduit à constater que σ possède l'ordre de connexion de la variété type sphère, tore, etc.

étant inaltérées) est constante et que la fonction

$$\Phi = W - \frac{1}{2\pi}\sum_i \lambda_i u_i$$

est périodique.

Donc W diffère d'une fonction périodique par une combinaison linéaire des variables paramétriques et nous obtenons W sous la forme

$$W = \Phi + \frac{1}{2\pi}\sum_i \lambda_i u_i,$$

où les λ dépendent seulement des J.

D'autre part, une telle W est ce que devient une intégrale complète $W^\star(q|J)$ de l'équation d'Hamilton-Jacobi dès qu'on substitue aux q leurs expressions en fonction des u.

D'après le théorème de Jacobi, les équations (où $\omega_{ik} = \partial\lambda_i/\partial J_k$)

$$t + \beta_1 = \frac{\partial\Phi}{\partial J_1} - \sum_h p_h \frac{\partial q_h}{\partial J_1} + \frac{1}{2\pi}\sum_i \omega_{i1} u_i,$$
$$\beta_k = \frac{\partial\Phi}{\partial J_k} - \sum_h p_h \frac{\partial q_h}{\partial J_k} + \frac{1}{2\pi}\sum_i \omega_{ik} u_i \qquad (k = 2, 3, \ldots, n)$$

nous donnent les variables u en fonction du temps et des constantes β.

Ces équations demeurent invariables lorsqu'une des u_i augmente de 2π et que simultanément les constantes β augmentent des quantités ω_{i1}, $\omega_{i2}, \ldots, \omega_{in}$. Donc on aura

$$u_i = f_i(t + \beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_n) \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

les fonctions f étant telles que, quand les β augmentent de ω_{i1}, $\omega_{i2}, \ldots$, ω_{in}, u_i seulement augmente de 2π.

Mais, d'après la représentation paramétrique, les variables canoniques p, q sont périodiques par rapport aux u; elles sont donc périodiques aussi par rapport à toutes les β.

ÉLASTICITÉ. — *Pièce plane indéfinie soumise à l'action de forces massiques situées dans le plan et application au calcul des tympans rectangulaires supportant des forces intérieures et extérieures.* Note (1) de M. **Robert L'Hermite.**

Dans le cas où les forces appliquées à un solide plan sont des forces massiques, les fonctions d'Airy ne sont plus utilisables et le calcul des

(1) Séance du 10 avril 1933.

tensions dépend de celui des déplacements où interviennent les coefficients d'élasticité. Le cas de la force massique appliqué à un élément de volume infiniment petit au centre d'un tympan indéfini peut être résolu de la façon suivante :

Dans les équations de l'élasticité plane, on peut poser

$$u = -\frac{d^2\varphi}{dx\,dy}, \qquad v = -\frac{d^2\varphi}{dy^2} + A\Delta^2\varphi,$$

A est une constante et φ une fonction de x, y.

Les équations de l'élasticité plane sont alors satisfaites en faisant

$$A = \frac{\lambda' + 2\mu}{\lambda' + \mu}, \qquad \Delta^2\Delta^2\varphi = -\frac{\varphi_0}{\mu A}.$$

Cette dernière équation nous donne pour φ :

$$\Delta^2\varphi = -\frac{Y_0}{2\pi\mu A}\log r, \qquad \varphi = -\frac{Y_0}{2\pi\mu A} \times \frac{r^2}{4}(\log r - 1),$$

où Y_0 est la force massique appliquée à l'origine.

Les contraintes sont alors

$$(1) \qquad \left\{ \begin{aligned} N_x &= \frac{2Y_0K_1}{\pi}\frac{y}{r^2} + \frac{2Y_0K_2}{\pi}\frac{x^2y}{r^4}, \\ N_y &= \frac{2Y_0K_1}{\pi}\frac{y}{r^2} + \frac{2Y_0K_2}{\pi}\frac{y^3}{r^4}, \\ T &= \frac{2Y_0K_1}{\pi}\frac{x}{r^2} + \frac{2Y_0K_2}{\pi}\frac{x^2y}{r^4}, \end{aligned} \right.$$

où

$$K_1 = \frac{\mu}{4(\lambda' + 2\mu)}, \qquad K_2 = \frac{\lambda' + \mu}{2(\lambda + 2\mu)}, \qquad \lambda' = \frac{2\mu}{\lambda + 2\mu}\lambda.$$

Les expressions (1) satisfont en dehors de la masse chargée aux équations réduites de Maurice Levy.

On peut remarquer que les coefficients de k_2 sont les contraintes données par Flamant dans le cas du tympan semi-indéfini soumis à l'action d'une charge perpendiculaire à la droite limite.

Si l'on trace les isostatiques correspondant à ce problème, on voit que le long des deux axes à 45° sur la direction de la force, les tensions principales perpendiculaires à ces axes sont nulles. On pourrait effectuer une coupure le long de ces droites sans changer la distribution des efforts, à condition de garder une jonction au point d'application de la force. On peut remarquer

également que les isostatiques sont homothétiques par rapport au point d'application.

En appliquant une force p en chaque point d'une droite Δ indéfinie et perpendiculairement à celle-ci, les tensions principales ont des directions parallèles et perpendiculaires à cette droite et ont pour valeur $\pm p/2$.

Si la force est appliquée suivant la direction de la droite, les tensions principales ont leur direction à 45° sur Δ et ont pour valeur $\pm p/2$.

Tympan rectangulaire. — Si, sur le plan illimité, on dispose régulièremens des forces p aux sommets d'un réseau rectangulaire 2B, 2H, les tensions sont :

$$\nu = \sum_{m.n} \mathrm{N}(m, n, b, h),$$

$$\tau = \sum_{m.n} \mathrm{T}(m, n, b, h),$$

b, h désignent les coordonnées du premier sommet du réseau rencontré dans le quart de plan supérieur droit $x\mathrm{O}y$ en partant de l'origine des coordonnées.

Remarquons que si les forces sont disposées de telle façon que

$$\mathfrak{N}_x = \nu_x(b, h) + \nu_x(2\mathrm{L} - b, h) - \nu_x(b, 2\mathrm{H} - h) - \nu_x(2\mathrm{L} - b, 2\mathrm{H} - h),$$

la quantité

$$\mathfrak{T} = \tau(b, h) + \tau(2\mathrm{L} - b, h) - \tau(b, 2\mathrm{H} - h) - \tau(2\mathrm{L} - b, 2\mathrm{H} - h)$$

est nulle sur les quatre côtés du rectangle (o, o), (o, H), (L, H), (L, o). Un système de forces en équilibre étant donc donné à l'intérieur de ce rectangle, il suffit de calculer les pressions perpendiculaires aux quatre côtés par la méthode précédente, d'appliquer sur ces côtés des pressions égales et de signes contraires, d'en déduire à l'aide de la méthode donnée aux *Comptes rendus* du 21 novembre 1932 les contraintes $\mathfrak{N}'$ et $\mathfrak{T}'$ correspondantes qu'il suffira de retrancher des contraintes $\mathfrak{N}$ et $\mathfrak{T}$ pour obtenir les contraintes réelles.

Tympan limité à deux droites parallèles. — Un autre problème très intéressant au point de vue des applications peut être également résolu à l'aide de cette méthode. Disposons sur une ligne droite horizontale illimitée, au sein du tympan indéfini, des forces P régulièrement espacées. Sur les verticales passant à égale distance des points d'application des forces, les cisaillements sont nuls et les tensions principales sont parallèles et perpendiculaires à ces axes. Nous pouvons limiter le tympan à deux de ces droites

à condition de remplacer les pressions normales par des pressions égales et de signes contraires. Ceci peut être fait à l'aide des formules données par Flamant pour les contraintes développées par l'application de forces opposées sur les deux côtés d'une bande illimitée. Le problème élémentaire ayant ainsi été résolu, on peut, par superposition, obtenir tous les cas de charge possibles et étudier la répartition des pressions sur toutes les sections d'une bande illimitée soumise à des charges ponctuelles ou réparties, question d'un grand intérêt dans la construction métallique où l'on arrive ainsi à la connaissance, d'une part, de la répartition des cisaillements entre les rivets; d'autre part, des fatigues maxima du métal.

ASTRONOMIE. — *Remarques sur le système double à éclipses* RZ Cassiopeiæ. Note de M. **J. Ellsworth**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Les observations photométriques et spectroscopiques de l'étoile *RZ Cassiopeiæ* ont conduit jusqu'ici à des résultats contradictoires. Nous nous proposons, dans cette Note, de les soumettre à une nouvelle discussion.

Observations photométriques. — Les mesures photométriques de Dugan ont montré que la période variait d'une manière périodique ([1]). L'éphéméride, revue par Hellerich ([2]), a été mise sous la forme

$$\text{(1)} \qquad \text{min.} = \text{JJ } 2417355,4218 + 1^{\text{j}},1952512\,\text{E} + 0,0051 \sin(0°,0953\,\text{E} - 6°,6).$$

Dans un travail plus récent ([3]), Hellerich donne la formule moyenne

$$\text{(2)} \qquad \text{min.} = \text{JJ } 2417355,4200 + 1^{\text{j}},1952525\,\text{E},$$

en se bornant à signaler que le terme sinusoïdal aurait une période d'environ 5200E, soit de l'ordre de 17 ans.

En admettant que le changement de période résulte de la rotation de la ligne des apsides, Hellerich déduit de la formule (1) :

$$\text{excentricité } e = 0,013,$$
$$\text{longitude du périastre } \omega = 290° \text{ ou } 70°,$$

pour $\text{E} = 1752$.

Mais la valeur de ω donnée par Hellerich concerne en réalité la composante obscure du système. En étudiant graphiquement les résidus de la

([1]) R. S. Dugan, *Monthly Notices*, **76**, 1916, p. 729.

([2]) J. Hellerich, *Astronomische Nachrichten*, **215**, 1921, col. 336.

([3]) J. Hellerich, *Astronomische Nachrichten*, **233**, 1928, col. 129.

formule (2) nous avons obtenu

$$e = 0,013 \quad \text{et} \quad \omega = 228^\circ \text{ ou } 132^\circ.$$

Ces valeurs de ω concernent la composante brillante du système; la dernière correspond à une rotation rétrograde de la ligne des apsides.

Observations spectroscopiques. — Les observations spectroscopiques de Jordan (correspondant à l'époque moyenne JJ 2419449, ou E = 1752) ([1]) ont conduit leur auteur à envisager deux solutions possibles. La première, avec $\omega = 90^\circ$, donne

$$e = 0,022 \pm 0,020;$$

la seconde, avec $\omega = 180^\circ$, donne

$$e = 0,061 \pm 0,022.$$

Jordan adopte la seconde hypothèse et donne finalement

$$(3) \qquad e = 0,052 \pm 0,025, \qquad \omega = 154^\circ,7 \pm 20^\circ,9.$$

Prenant comme point de départ $\omega = 90^\circ$, $e = 0$, nous avons discuté à nouveau les observations de Jordan. Une solution des moindres carrés nous a donné finalement

$$e = 0,018, \qquad \omega = 125^\circ.$$

Ces valeurs diffèrent peu de celles que nous avons déduit des mesures photométriques, dans le cas d'une rotation rétrograde de la ligne des apsides.

D'après notre solution, le milieu de l'éclipse photométrique serait en retard de 19 minutes sur la phase spectroscopique où les deux composantes sont dans la direction du rayon visuel. Dans la solution (3) de Jordan, le décalage atteignait 50 minutes en sens inverse.

Conclusion. — Ainsi, contrairement à l'opinion d'Hellerich, les données photométriques et spectroscopiques actuelles ne sont pas inconciliables. Mais on doit admettre que la rotation de la ligne des apsides, dont la période est d'une vingtaine d'années, s'effectue *dans le sens rétrograde.* Il serait donc impossible de l'expliquer par la théorie de l'aplatissement des pôles de Tisserand ([2]), ou par l'effet de marée de Russell ([3]). Si son existence se

---

([1]) F. C. JORDAN, *Publications of the Allegheny Observatory*, 3, 1914, p. 137.

([2]) F. TISSERAND, *Comptes rendus*, **120**, 1895, p. 125.

([3]) H. N. RUSSELL, *Monthly Notices*, **88**, 1928, p. 641.

trouvait confirmée, il faudrait sans doute revenir à la théorie de Chandler, en admettant une translation rétrograde du système double autour d'un troisième corps [1].

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Étude des phénomènes moléculaires à la surface de séparation huile-eau. Applications au contrôle des huiles*. Note [2] de MM. **J.-J. Trillat** et **L. Leprince-Ringuet**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Le présent travail a pour but d'étudier les modifications de la tension interfaciale entre l'eau pure et des huiles diverses, en fonction d'impuretés déterminées ajoutées volontairement à ces dernières, ou encore en fonction de leur degré d'altération provenant de l'action de la chaleur, des rayons ultraviolets ou de l'usage en moteur.

I. On sait que la tension interfaciale entre deux phases liquides est considérablement modifiée par la présence, dans l'une de ces phases, de substances étrangères. Suivant les cas, on observe soit une *diminution* de la tension interfaciale, soit plus rarement un *accroissement;* l'équilibre est régi par la loi bien connue de Gibbs, dont l'exactitude a été prouvée par de nombreux travaux (Donnan, Adam, Dubrisay, Lecomte du Noüy, etc).

En mettant en contact avec de l'eau très propre une huile pure comme l'huile de paraffine (carbures saturés), et en opérant par la méthode d'arrachement d'un anneau de platine, au moyen de l'appareil de Lecomte du Noüy, on constate d'abord l'existence d'une tension interfaciale de l'ordre de 40 dynes/cm, qui ne varie que très peu avec le temps de contact. Mais si l'on dissout dans l'huile des proportions croissantes d'acide oléique (concentrations variant de 10^{-5} à 10^{-2}), on observe une très forte chute initiale de la tension interfaciale, d'autant plus accentuée que la proportion en acide est plus grande; de plus, les courbes des tensions interfaciales par rapport au temps présentent au début une courbure accentuée et se continuent ensuite par un palier.

L'étude systématique de ce phénomène, effectuée en utilisant comme impuretés un certain nombre de substances choisies (acides gras à nombre d'atomes de carbone variables, alcools aliphatiques, triglycérides, etc.),

---

(1) Ch. André, *Traité d'Astronomie stellaire*, 2, Gauthier-Villars, éditeur, 1900, p. 251.

(2) Séance du 18 avril 1933.

nous a conduit à admettre que les molécules dissoutes dans l'huile et possédant un moment électrique permanent sont adsorbées à la surface de l'eau, où elles s'orientent en s'enracinant par leur groupe actif. La courbure initiale des courbes représentatives correspond au temps nécessaire à la formation et à l'organisation de ces couches adsorbées.

La nature de la molécule et la valeur de son moment électrique jouent un rôle important; une preuve très nette en a été apportée en dissolvant dans l'huile de paraffine soit du cyclohexanol (possédant un moment électrique permanent), soit du cyclohexane (moment électrique nul) : dans le premier cas, on constate une forte baisse de la tension interfaciale, tandis qu'il ne se produit rien dans le second cas.

Ces résultats s'accordent bien avec les recherches effectuées avec les rayons X sur l'orientation des molécules au contact de l'eau (J.-J. Trillat); il est à remarquer aussi que la mesure des tensions est d'une très grande sensibilité, puisqu'elle permet de déceler jusqu'à un cent-millième d'impureté active dissoute dans l'huile de paraffine.

II. On a appliqué ces observations à l'étude des changements produits dans diverses huiles de graissage par différents facteurs, tels que chaleur, rayons ultraviolets, usage en moteur, ainsi qu'à la comparaison des divers lubrifiants entre eux (voir également à ce sujet les travaux de Weiss et Vellinger).

a. L'altération des huiles par la chaleur se manifeste par une diminution de la tension interfaciale. Pour une même huile, la diminution est d'autant plus forte que le chauffage a été plus prolongé, ce qu'on peut expliquer par la présence de molécules acides, possédant un groupement à moment électrique élevé. Les diverses huiles ne se conduisent pas toutes de la même façon, et la méthode permet de mesurer, d'une façon simple et précise, la marche de l'altération. Des essais semblables ont également été effectués sur des huiles altérées par la chaleur et l'agitation (méthode de Dixmier).

b. L'altération par les rayons ultraviolets donne lieu aux mêmes remarques.

c. L'altération d'une huile en moteur peut être également suivie facilement par les modifications de tension interfaciale. Nous avons pu montrer que déjà après une ou deux heures de service dans un moteur d'avion, l'huile présentait un abaissement de tension interfaciale par rapport à l'eau; ce résultat est intéressant, étant donnée la rapidité de la mesure (quelques secondes), et étant donné également que les méthodes chimiques ne peuvent que difficilement déceler des changements aussi faibles.

d. Enfin l'étude d'huiles de graissage neuves, de marques diverses, donne lieu à des courbes tension/temps différentes. Ceci permet de vérifier la nature d'un lubrifiant, de classer ceux-ci entre eux, et d'en tirer des conclusions relativement à leur valeur.

Ce travail a été effectué avec l'appui du Service des recherches de l'Aéronautique; une partie des appareils a été mise à notre disposition à l'Institut Pasteur, par M. Lecomte du Noüy.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur un nouveau détecteur*. Note de M. **Jean Cayrel**, présentée par M. A. Cotton.

1. Mlle Collet [1] a signalé en 1921 que les galènes dites insensibles présentaient une rectification métal-cristal (rectification β) en sens *inverse* de celle des galènes sensibles. J'ai montré en 1926 [2] que la rectification β de la galène insensible, généralement nulle avec les métaux à oxydes isolants tels que Al, Mg, Zn, etc., est au contraire favorisée par l'emploi de métaux inoxydables ou peu oxydables comme Ag, Au, Pt, Ni. J'ai montré aussi qu'à partir d'une tension efficace comprise entre 0,5 et 2 volts la rectification β de la galène insensible fait place à une rectification cristal-métal de même sens que celle de la galène sensible (rectification α) et d'ailleurs très médiocre. Les métaux oxydables donnent lieu uniquement à ce dernier phénomène.

Même avec Au et Ag, qui donnent cependant des rectifications β exceptionnellement bonnes, la détection est toujours très inférieure à celle de la galène sensible et d'une grande instabilité.

2. Si l'on électrolyse une solution d'hydrogène sulfuré en prenant pour anode une galène insensible fraîchement clivée, on constate que le cristal perd son éclat métallique et se recouvre d'une poussière brunâtre. Cette poussière est principalement constituée par du soufre très finiment divisé et à l'état quasi colloïdal. On peut s'en rendre compte en la traitant par un mélange de benzène et de sulfure de carbone. On obtient par évaporation du solvant un dépôt qui examiné au microscope apparaît sous forme de beaux cristaux de soufre octaédrique.

Les galènes insensibles ainsi sulfurées présentent avec les métaux nobles

(1) *Annales de Physique*, 15, 1921, p. 265.
(2) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 449.

une rectification du même ordre qu'avant sulfuration mais beaucoup plus stable. Le taux de rectification I_m/I_{eff} est accru.

Avec les métaux oxydables les résultats sont sensiblement les mêmes qu'avant sulfuration.

Par contre avec Cu *qui donnait une rectification β très médiocre s'inversant à partir de* 0,50 *volt on obtient après sulfuration une rectification β supérieure à celle des métaux nobles et qui persiste sous* 2 *volts efficaces.* LA RECTIFICATION EST AMÉLIORÉE AU POINT DE SURPASSER AUX FAIBLES AMPLITUDES LA RECTIFICATION α DES GALÈNES LES PLUS SENSIBLES.

3. *Le comportement exceptionnel du cuivre vis-à-vis de la galène β sulfurée provient de ce que la pointe, pour entrer en contact avec le cristal, doit traverser la couche de soufre très finement divisé qui le recouvre. Il y a altération superficielle de l'extrémité de la pointe et* FORMATION DE SULFURE DE CUIVRE. *Au lieu du contact* CUIVRE-GALÈNE β dont la rectification est très médiocre, on a un contact SULFURE DE CUIVRE-GALÈNE β. *Ce contact formé de deux substances de polarités opposées est un excellent détecteur.*

A l'appui de cette interprétation, citons les faits suivants :

1° L'examen microscopique de l'extrémité de la pointe révèle qu'elle a perdu l'éclat métallique et pris une couleur grisâtre;

2° Si après avoir formé un contact rectifiant avec la pointe de cuivre et la galène sulfurée, on remplace celle-ci par une galène β *non sulfurée*, on obtient également une excellente détection, la couche de sulfure de cuivre formée lors du contact cuivre-galène sulfurée restant adhérente à la pointe lors de la seconde expérience;

3° On peut mettre en évidence les propriétés détectrices acquises par la pointe du fait de son altération en la mettant en contact avec un métal. La rectification est beaucoup moins bonne qu'avec la galène β mais cependant très nette. Elle présente les caractères spécifiques de la rectification produite par CuS;

4° Si l'on plonge un fil de cuivre dans une solution de soufre dans CS^2, le cuivre se recouvre d'une pellicule de sulfure vert foncé. Un tel fil mis en contact avec une galène β non sulfurée, constitue un bon détecteur dont les propriétés sont semblables à celles du contact cuivre-galène β sulfurée.

4. Florisson [1] a trouvé en 1920 que la vapeur de soufre à haute température transforme la galène insensible en galène sensible.

Il est important de remarquer que *la sulfuration à froid de la galène*

---

[1] *Comptes rendus*, 171, 1920, p. 106.

insensible non seulement n'entraîne pas semblable transformation mais favorise la rectification β.

On a vu en effet que, même avec les métaux qui ne forment pas de sulfures, le soufre stabilise la détection β et améliore le taux de rectification.

Cette action paraît être purement mécanique et tout à fait semblable à celle des « poudres calantes » des expériences de Pélabon : le contact devient plus stable, moins cohérable, mais l'ordre de grandeur du courant rectifié n'est pas changé ([1]). Il ne s'agit pas à proprement parler d'une sensibilisation comme celle que le soufre exerce sur la galène à haute température et *qui d'ailleurs change le sens du courant rectifié.*

Le fait qu'un dépôt de soufre pulvérulent sur la galène insensible accuse la polarité β de cette galène montre que la galène dite sensible est tout autre chose que de la galène insensible revêtue de soufre.

Cette conception née d'un rapprochement illégitime entre les expériences de Pélabon sur les détecteurs métalliques et la réaction sensibilisatrice de Florisson paraît donc inacceptable.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Biréfringence magnétique de l'oxygène liquide.* Note de M. **P. Lainé**, présentée par M. A. Cotton.

Dans son rapport au Congrès Solvay de 1921 ([2]) Kamerlingh Onnes annonçait que Zernike avait mesuré à Leyde la biréfringence magnétique de l'oxygène liquide et il indiquait que cette biréfringence est égale à $-1,85$ fois celle du nitrobenzène. Cette expérience de Zernike n'a fait l'objet depuis d'aucune publication : on n'avait donc aucun renseignement sur les conditions dans lesquelles la mesure avait été effectuée et l'on ne connaissait ni la dispersion de cette biréfringence, ni sa variation avec le champ, ni sa variation thermique. En raison de l'intérêt particulier que présente l'étude de la biréfringence magnétique de l'oxygène liquide (ce corps est fortement paramagnétique), M. Cotton m'a conseillé de reprendre cette étude au Laboratoire du grand électroaimant de l'Académie des Sciences.

Ce travail a été pour moi l'occasion de mettre au point des appareils qui

---

([1]) Sauf avec Cu mais ici c'est la substitution de CuS à Cu qui cause, on l'a vu, l'apparente sensibilisation de la galène.

([2]) *Comm. Leiden*, *supp.* n° 44, 1921, p. 28.

résolvent, je crois, d'une façon aussi satisfaisante que possible, les difficultés techniques de l'étude des propriétés optiques des corps à des températures très différentes de la température ordinaire. Ces appareils seront décrits dans une publication ultérieure.

J'ai préparé l'oxygène par électrolyse d'une solution de soude avec des électrodes de fer. L'hydrogène qui avait diffusé dans l'oxygène était brûlé dans un tube à amiante platinée chauffé par une résistance électrique. Le gaz qui était recueilli transitoirement dans un petit gazomètre à acide sulfurique allait ensuite, après avoir passé dans des tubes desséchants plongés dans l'oxygène liquide, se condenser dans une ampoule plongée dans l'azote liquide. Le remplissage de l'appareil placé dans le champ magnétique se faisait par distillation au travers de tubes préalablement vidés de sorte que la pureté du gaz ne risquait pas de s'altérer au cours des manipulations.

La température était mesurée à 1/10e de degré près environ à l'aide d'un couple thermo-électrique et d'un potentiomètre. Je me suis servi, pour l'étalonnage de ce couple, des mesures de tensions de vapeur de l'oxygène et de l'azote purs effectuées à Leyde par Cath ([1]).

Les mesures ont été faites avec les appareils à pénombres en usage à Bellevue ([2]).

Ordre de grandeur et signe de la biréfringence. — A la température de 89°,8 K. (obtenue à l'aide d'oxygène liquide commercial bouillant sous la pression atmosphérique) et pour la radiation verte de l'arc au mercure ($\lambda = 546$), j'ai mesuré une biréfringence négative de 13°30′, alors que, sous la même épaisseur, dans le même champ et pour la même radiation, le nitrobenzène m'a donné, à la température de 17° C, une biréfringence positive de 6°53′.

Le rapport de ces deux biréfringences est — 1,96. Ce nombre qui, doit être exact à une unité près de son dernier chiffre, est un peu supérieur en valeur absolue à celui trouvé par Zernike. Sans doute, cela tient à ce que les mesures n'ont pas été faites de part et d'autre aux mêmes températures.

En partant de la constante de Cotton-Mouton du nitrobenzène ([3]) on peut calculer la valeur de cette constante pour l'oxygène liquide. A la température de 89°,8 K. et pour la radiation $\lambda = 546$, elle est égale à

$$C_m = -5,33.10^{-12}.$$

Le signe de la biréfringence magnétique de l'oxygène liquide indique

([1]) *Comm. Leiden*, n° 152, 1917, p. 45.

([2]) A. Cotton et G. Dupouy, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 544; et A. Cotton, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1665.

([3]) Cotton et Mouton, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 19, 1910, p. 170.

que le moment magnétique permanent de la molécule d'oxygène est orienté suivant une direction de faible réfractivité.

Ce résultat me paraît intéressant au point de vue théorique. On admet en effet ([1]) que dans une molécule diatomique homopolaire comme celle d'oxygène la direction de plus forte réfractivité est celle de l'axe qui passe par les centres des deux atomes. On admet également que de telles molécules possèdent une symétrie de révolution autour de cet axe. L'ensemble de ces deux hypothèses est incompatible avec le fait que le moment magnétique permanent, qui représente évidemment une direction privilégiée, est orienté suivant une direction de faible réfractivité. Il faudrait donc renoncer à attribuer à la molécule d'oxygène une symétrie de révolution à moins que la structure particulière de cette molécule, dans laquelle la liaison entre les atomes paraît créer le moment permanent, fasse que la droite joignant les noyaux des atomes soit une direction de faible et non de forte réfractivité.

Dispersion de la biréfringence. — J'ai effectué des mesures à la même température (température d'ébullition de l'oxygène liquide commercial) pour les trois radiations, $\lambda = 578$, $\lambda = 546$, $\lambda = 436$ de l'arc au mercure. J'ai trouvé les rapports de dispersion suivants :

$$\frac{\beta_{546}}{\beta_{578}} = 1,07, \qquad \frac{\beta_{436}}{\beta_{578}} = 1,40, \qquad \text{d'où l'on déduit} \qquad \frac{\beta_{436}}{\beta_{546}} = 1,31.$$

Ces valeurs sont un peu plus faibles que les valeurs trouvées par Cotton et Mouton pour le nitrobenzène, valeurs qui sont respectivement : 1,08, 1,47 et 1,36.

Bien que la radiation jaune ($\lambda = 578$) soit absorbée par l'oxygène liquide, les rapports précédents n'indiquent pas d'anomalie marquée de la valeur de la biréfringence pour cette radiation particulière. Mais une étude plus serrée de la dispersion de cette biréfringence devra être entreprise, où l'on emploiera un nombre plus grand de radiations, principalement au voisinage des diverses bandes d'absorption.

Près des diverses bandes de l'oxygène liquide on pourra peut-être rechercher directement si les indices présentent des anomalies.

Je donnerai dans une autre publication les résultats que j'ai obtenus en étudiant la variation thermique de la biréfringence magnétique de l'oxygène liquide et sa variation avec le champ.

([1]) CABANNES, *La diff. moléc. de la lum.*, Chap. V, § 2, p. 111.

FLUORESCENCE. — *Sur le rendement de la fluorescence du salicylate de soude.* Note [1] de M. **Pierre Dubouloz**, présentée par M. A. Cotton.

Dans deux Notes précédentes [2] M. Chevalier et nous-même avons montré, à la suite de MM. J. et J.-F. Thovert [3], qu'une cellule photoélectrique recouverte d'une substance fluorescente appropriée constitue un récepteur commode pour la photométrie de l'ultraviolet. Nous avons étudié les conditions dans lesquelles fonctionnait un semblable dispositif constitué par une cellule au potassium et du salicylate de soude solide. Les résultats qui ont été obtenus sont les suivants :

Une couche de salicylate de soude de $0^{mm},05$ d'épaisseur constitue un diffuseur qui réfléchit et transmet la lumière blanche sans la modifier, mais retient l'ultraviolet de courte longueur d'onde ; celui-ci n'est pratiquement pas transmis, et la lumière diffusée par réflexion n'en contient plus, par rapport à la lumière incidente, que 5 à 10 pour 100, selon la longueur d'onde et l'angle de diffusion. Cette absorption diminue progressivement à partir de 3450 Å et devient nulle vers 3700 A.

Dans ces conditions, et sachant par ailleurs que la composition de la lumière de fluorescence ne varie pas quelle que soit la longueur d'onde de la radiation qui la provoque, on peut admettre en première approximation qu'en dessous de 3450 A, la courbe de sensibilité du récepteur étudié n'est autre que la courbe exprimant le rendement de la fluorescence en fonction de la longueur d'onde excitatrice, à un facteur constant près.

Cette courbe de sensibilité a été déterminée en utilisant comme source, d'une part l'arc électrique au charbon, assimilé à un corps noir de température égale à 3780° K., et d'autre part une lampe à filament de tungstène et fenêtre de quartz, à diverses températures. Elle se confond, à 5 pour 100 près, avec une droite passant par l'origine des longueurs d'onde, entre 3450 et 2600 Å. Pour les longueurs d'onde plus courtes, bien que la précision soit beaucoup plus faible [4], elle semble se continuer sans accident, au moins jusqu'à 2100 Å.

---

[1] Séance du 18 avril 1933.

[2] A. Chevallier et P. Dubouloz, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 174 et 452.

[3] J. et J.-F. Thovert, *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 731.

[4] Dans cette région, l'arc ne peut plus servir d'étalon de température de couleur. Son émission semble présenter à partir de 2600 Å, et au moins jusqu'à 2000 Å, une augmentation considérable.

Ces résultats confirment la loi de rendement quantique constant attribué à la fluorescence depuis les recherches de Nichols et Merrit ([1]) et de Wawilow ([2]). Appliqués, comme nous l'avons proposé, à la photométrie de l'ultraviolet, ils donnent un moyen commode d'obtenir un récepteur très peu sélectif, dont la courbe de sensibilité soit, à un facteur constant près, indépendante de la cellule et de la préparation. Cette sensibilité peut par ailleurs être assez élevée, le rendement de la fluorescence du salicylate de soude solide atteignant pour $\lambda = 3125$ une valeur voisine de 0,70.

A l'aide du même dispositif, nous avons étudié le rendement de la fluorescence du salicylate de soude en solution. La courbe qui exprime sa variation en fonction de la longueur d'onde présente un parallélisme parfait avec celle du sel solide, de 3450 à 2600 Å, valeur pour laquelle le rendement diminue brusquement de moitié. Il nous paraît remarquable que 2600 Å marque un minimum d'absorption ultraviolette de ce corps, et corresponde à la longueur d'onde pour laquelle, d'après Victor Henri, l'absorption cesse d'être due au noyau benzénique. Il semble donc que le rendement quantique de la fluorescence ne soit pas nécessairement constant, mais varie seulement d'une manière discontinue.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Les solutions tartro-alcalines de chrome.* Note de M. **J.-P. Mathieu**, présentée par M. A. Cotton.

On a souvent étudié ([3]) l'activité optique de solutions contenant un tartrate alcalin, une base, et du chrome. La diversité et l'inconstance des courbes de dispersion rotatoire obtenues par les auteurs indiquent que ces solutions contiennent un mélange de composés. Comme on n'a pu en isoler aucun à l'état cristallisé, j'ai repris par des méthodes physico-chimiques l'étude du nombre, de la composition, de la stabillité et de la structure de ces corps dont il faut supposer l'existence.

Les solutions sont préparées, soit en dissolvant de l'hydroxyde de chrome dans des

---

([1]) Nichols et Merrit, *Phys. Rev.*, **31**, 1910, p. 381.

([2]) Wawilow, *Zeit. für. Phys.*, **42**, 1927, p. 311.

([3]) A. Cotton, *Ann. de Ch. et Physique*, 7e série. 8, 1896, p. 350; Mac Dowell, *Phys. Review.*, **20**, 1905, p. 163; Olmstead, *Phys. Review.*, **35**, 1912, p. 31; N. Wedeneewa, *Ann. der Physik*, **72**, 1923, p. 122; W. Kuhn et A. Szabo, *Zeits. für Phys. Chemie*, **15**, 1931, p. 59.

solutions de tartrates alcalis, soit en réduisant un bichromate par un tartrate, soit en mélangeant un tartrate alcalin et une base alcaline à un sel chromique. Dans de tels mélanges, $Cr(OH)^3$ n'est précipitable ni par les alcalis, ni par H^2S. Le métal se dirige vers le pôle positif dans une électrolyse. Les solutions n'ont pas de propriétés colloïdales.

C'est l'activité optique, et surtout le dichroïsme circulaire, dont l'étude fournit les résultats les plus nets. Les solutions, qui ont toutes une teinte verte diversement nuancée, présentent l'effet Cotton vers le milieu du spectre visible.

Deux types très différents de dispersion de la rotation α et du dichroïsme circulaire δ indiquent dès l'abord la présence de deux constituants au moins [1]. Chez certaines solutions (type A), α est positif dans le bleu, négatif dans le rouge, δ est négatif dans la bande d'absorption; chez les autres (type B), α est négatif dans le bleu, positif dans le rouge, et δ est positif. Les valeurs de α et de δ sont, pour une même teneur en chrome, beaucoup plus considérables pour B que pour A. On peut montrer qu'il existe entre ces deux formes de dispersion un équilibre mobile sur lequel agissent plusieurs facteurs : le type B apparaît seulement pour les fortes valeurs du rapport $\frac{\text{molécules de tartrate}}{\text{atomes de chrome}}$; en solutions assez concentrées, et entre certaines limites de pH. Une variation convenable d'alcalinité, une destruction du tartrate en excès, ou une simple dilution ramènent l'activité optique du type B vers le type A. Le type B semble dû à un composé unique.

Un examen attentif montre que le type de dispersion A est dû à un mélange de deux formes actives. L'une d'elles est le chromitartrate de sodium $[TCr]Na^2$ déjà signalé [2]. L'autre prend naissance lorsqu'on ajoute au chromitartrate une petite quantité de tartrate de sodium.

En somme, si l'on étudie des solutions alcalines contenant, pour une même quantité assez forte de chrome, des proportions croissantes de tartrate de Na, les mesures d'activité optique et d'absorption lumineuse s'accordent pour indiquer l'existence : du chromitartrate; d'un ou de plusieurs composés intermédiaires I; enfin du composé B.

La recherche de la formule de ce dernier composé a été faite par la méthode des variations continues [3] appliquée au dichroïsme circulaire

---

(1) A. Cotton, *loc. cit.*

(2) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1017.

(3) P. Job, *Ann. de Chimie*, 10e série, 9, 1928, p, 113.

de mélanges $Cr(NO^3)^3$, xM + TNa^2, xM + NaOH, $3x$M. Cette étude est rendue possible par le fait expérimental que dans les mélanges équimoléculaires concentrés ($x > 0,8$), les courbes n'indiquent pas l'existence du composé I, qui apparaît nettement au contraire pour les faibles valeurs de x. Ces courbes présentent deux maxima, l'un pour T/Cr = 0,50 (chromitartrate), l'autre au voisinage de T/Cr = 0,80 (composé B) et qui varie avec x. En négligeant, en première approximation, la présence du composé I, il faut tenir compte de la réaction d'équilibre que l'on peut écrire, en symbolisant par T^nCr l'ion complexe du composé B :

$$TCr + (n-1)T \rightleftharpoons T^nCr.$$

Le calcul [1] montre que la constante d'équilibre de cette réaction est $K = 6,5 \pm 1 \times 10^{-2}$, et que n a pour valeur probable 3. L'anion du composé B serait donc $[T^3Cr]$; sa stabilité est médiocre.

Il est actuellement difficile de préciser la structure de cet ion. Peut-être doit-on chercher l'explication de son activité optique énorme et de sa dispersion si différente de celle du composé $[TCr]Na^2$ dans le fait que le chrome intervient lui-même dans l'activité de l'ion complexe comme chez les cobaltioxalates. Une telle synthèse asymétrique partielle (qui serait due ici à la présence de tartrate actif) a déjà été signalée [2].

Quant au composé I, je n'ai pu trouver de propriété qui lui soit propre et permette ainsi de l'étudier dans les mélanges : on ignore donc encore et la grandeur de ses propriétés spécifiques et les proportions dans lesquelles il apparaît.

La considération des composés précédents et de leurs conditions d'existence explique tous les résultats obtenus par les auteurs cités.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'oxydation catalytique de composés organiques en vapeur.* Note [3] de M. **Gaston Charlot**.

La méthode d'investigation que j'ai employée pour l'étude de l'oxydation catalytique du toluène [4] peut être étendue avec quelques variantes à l'oxydation de nombreux autres corps organiques.

---

(1) P. Job, *loc. cit.*

(2) A. P. Smirnoff, *Helvetica Chimica Acta*, 3, 1920, p. 177; F. M. Jaeger, *Spatial Arrangement and Optical Activity*, Chap. IX, Mc. Graw Hill, 1930.

(3) Séance du 6 février 1933.

(4) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 374; *Bull. Soc. chim.*, 51, 1932, p. 1007.

La rapidité de cette méthode permet d'éviter bien des causes de variations et de comparer aisément l'activité d'un catalyseur donné sur différents composés dans des conditions aussi identiques que possible.

Je l'ai appliquée aux substances suivantes : dérivés chlorés et nitrés du toluène, *o*-toluidine, *o*-crésol, *p*-cymène, cumène, mésitylène, éthylbenzène, diphénylméthane, benzène, naphtalène, alcool benzylique, acide benzoïque, alcool éthylique, heptane.

Des résultats obtenus nous pouvons déduire ce qui suit :

1° Il y a, en général, oxydation totale et oxydation partielle.

2° Chaque catalyseur a une action spécifique en ce sens que la combustion totale qu'il provoque est constante. J'entends par là que, pour un catalyseur déterminé, le volume du gaz carbonique, formé en un temps déterminé, à une température donnée, est sensiblement constant et indépendant, entre certaines limites, de la substance à oxyder, de la concentration de cette substance, et, dans une certaine mesure, du débit gazeux.

Les conditions expérimentales choisies étaient les suivantes : surface du catalyseur, 6^{cm^2}; épaisseur du catalyseur, 5^{mm}; débit, 30^{cm^3} par minute. La concentration de la substance dans l'air correspondait à une pression partielle d'environ 12^{cm} de mercure.

Les résultats rassemblés dans le tableau ci-après (p. 1226) sont exprimés en centimètres cubes de gaz carbonique formé par heure.

Certains résultats ne sont pas portés sur ce tableau, soit parce que la substance considérée, par exemple l'heptane à 300°, est oxydable par l'air sans catalyseur, soit parce qu'il s'est produit un empoisonnement du catalyseur (naphtaline, alcool benzylique).

On n'est maître de la température qu'à une dizaine de degrés près, par suite du dégagement de chaleur dû à la réaction.

En somme, pour la magnésie et l'acide molybdique, la combustion totale commence, avec toutes les substances essayées, aux environs de 350°, puis s'accentue plus rapidement pour la magnésie que pour l'acide molybdique.

Avec l'oxyde de nickel, l'oxydation totale commence dès 250° pour tous les composés essayés. La substance catalytique se modifie par la suite et son activité augmente; la seconde série de mesures à 250° indique cette nouvelle activité.

L'acide tungstique donne, dans tous les cas, une oxydation notable dès 350°.

Dans l'ensemble, nous nous croyons fondé à penser que cette règle n'est

pas accidentelle, que la combustion totale est constante pour un catalyseur donné comme si celui-ci mettait en jeu, pour la combustion totale, une quantité d'oxygène déterminée dans un temps donné.

	Toluène.	Diphényl-méthane.	Naphtaline.	Alcool éthylique.	Heptane.	Alcool benzylique.	Xylène.	Acide benzoïque.
				MgO :				
350°	0	0	0	9	15	0	0	15
400°	90	54	30	45	39	75	90	90
450°	165	120	–	105	–	–	171	–
				NiO :				
250°	45	15	87	90	90	24	15	36
300°	165	195	120	–	–	90	54	168
350°	225	300	156	–	–	–	219	210
250°	174	90	252	185	–	114	144	159
				MoO^3 :				
350°	6	0	9	8	–	10	18	0
400°	30	18	27	42	–	90	30	39
450°	75	63	63	60	–	–	66	–
				WO^3 :				
300°	0	0	0	0	0	0	0	0
350°	90	105	36	60	60	75	84	45
400°	150	210	90	165	90	144	144	126

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'oxydation directe de l'acétylène par l'air.* Note (¹) de MM. **P. Mondain-Monval** et **Roger Wellard**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Dans de précédentes Notes (²) l'un de nous a exposé les résultats obtenus dans l'oxydation directe par l'air des hydrocarbures saturés et, en particulier, a pu mettre en évidence la formation, à température relativement basse, de combinaisons instables appartenant à la famille des oxyméthyl-

(¹) Séance du 3 avril 1933.

(²) Mondain-Monval et Quanquin, *Comptes rendus*, **189**, 1929, p. 917 et 1194; **191**, 1930, p. 299, et *Annales de Chimie*, 10ᵉ série, **15**, 1931, p. 309.

alcoylperoxydes. Ces combinaisons très remarquables éprouvent par élévation de température une décomposition explosive qui peut provoquer l'inflammation spontanée vers 230° des mélanges gazeux d'hydrocarbures et d'air dans lesquels ces peroxydes ont pris naissance. Il nous a paru intéressant de chercher à percevoir la formation de semblables combinaisons au cours du chauffage de mélanges gazeux d'air et d'acétylène et de nous rendre compte de leur rôle dans les phénomènes d'oxydation lente qui précèdent leur inflammation spontanée.

Nous avons d'abord opéré en partant de mélanges gazeux d'air et d'acétylène à la pression atmosphérique. Ces mélanges, de proportions connues, étaient chauffés à volume constant dans une ampoule en verre d'Iéna de 250^{cm^3} de capacité reliée à un manomètre à mercure. L'ampoule était enfermée dans un four électrique à résistance dont un rhéostat permettait l'échauffement à différentes vitesses. Les températures étaient repérées par un couple et par un thermomètre. Pour chaque mélange, on traçait une courbe en portant en abscisses les températures et en ordonnées les pressions.

Les phénomènes observés sont très différents suivant les vitesses de chauffe.

Avec une vitesse élevée (40 degrés par minute, à la température de 300°), on obtient pour une gamme très étendue de concentrations (de 17 à 85 pour 100 d'acétylène en volumes), une inflammation spontanée accompagnée d'une violente explosion à des températures d'autant plus élevées que la teneur en air est elle-même plus considérable (moyenne : 310°). Pour un chauffage plus lent (25 degrés par minute, à la température de 300°), la zone d'inflammation spontanée est moins étendue (de 35 à 70 pour 100 d'acétylène). En dehors de cette zone, on observe sur les courbes (pressions, températures) l'apparition d'une baisse de pression accusant une diminution du nombre de molécules, à des températures de beaucoup inférieures à celle (470°) où se manifeste la polymérisation de l'acétylène. Ces températures de baisse de pression sont d'ailleurs celles auxquelles se produit l'explosion spontanée lorsque la vitesse de chauffe et la concentration du mélange s'y prêtent. Avec des chauffages lents (10° par minute, à 300°), il n'a pas été observé d'inflammation spontanée, quelle que soit la concentration du mélange étudié; mais seulement une baisse de pression, plus accentuée encore que celle précédemment signalée, à des températures (moyenne : 320°) d'autant plus élevées que la teneur en air est plus considérable. En outre, cette baisse de pression est accompagnée d'une émission de radiations lumineuses vertes, visibles seulement dans la plus profonde obscurité. Cette émission qui se prolonge pendant quelques minutes, débute avec la baisse de pression, se poursuit tant que cette baisse se manifeste et disparaît au moment où la pression commence à remonter. Si l'on interrompt le chauffage au moment de la luminescence et qu'on ouvre l'appareil, on trouve dans l'ampoule une goutte huileuse jaune brun, à réaction fortement oxydante sur l'iodure de potassium, colorant en violet intense le réactif de Schiff et que son aspect, son odeur très caractéristique et ses propriétés spéciales (action sur la potasse, décomposition par la chaleur) permettent de confondre avec les oxyméthylalcoylperoxydes rencontrés dans l'oxydation lente des carbures saturés.

Nous avons cherché à reproduire ces essais sous pression en opérant dans une bombe

en acier munie d'un manomètre métallique. Nous avons constaté, au préalable, dans notre appareil en verre, que les températures d'explosion et de baisse de pression n'étaient que faiblement influencées (3° à 4° en moins) par la présence de fer et de rouille. La température de polymérisation de l'acétylène est, au contraire, abaissée de 50°.

La pression totale initiale de nos mélanges était de 4^{kg}. Pour chaque mélange, on traçait une courbe : pression, température. Les phénomènes observés sont tout à fait parallèles, à la pression près, à ceux que nous venons de décrire. Ils sont, en particulier, extrêmement influencés par la vitesse de chauffe. Si cette vitesse est lente, il n'y a jamais d'inflammation spontanée, quelle que soit la concentration du mélange. On constate seulement un ralentissement sensible dans la montée de pression sous l'influence de la température, indice certain d'une réaction chimique. En même temps, vers 220°, les gaz contiennent de l'anhydride carbonique et des aldéhydes très perceptibles au réactif de Schiff, mais il n'y a pas réaction avec l'iodure de potassium. Avec un chauffage rapide, au contraire (15 minutes de + 20° à + 220°), on observe, pour des mélanges contenant de 20 à 70 pour 100 d'acétylène, une explosion spontanée très violente à des températures décroissant de 235° à 214°. Il y a en même temps dépôt de noir de fumée extrêmement fin et production d'une quantité notable d'acide cyanhydrique. L'explosion est précédée de l'apparition d'anhydride carbonique et d'aldéhydes formique et acétique.

Il résulte de ces essais, qui présentent plusieurs points de contact avec des travaux antérieurs (1), que l'acétylène et l'air réagissent à des températures très inférieures à celle de la polymérisation de l'acétylène, cette réaction correspondant à une diminution du nombre des molécules en présence. Des peroxydes prennent naissance comme au cours de l'oxydation des hydrocarbures saturés. On a pu, soit les observer directement, soit constater leur fugitive existence par les produits de leur destruction et la luminescence qui l'accompagne. Ces faits, rapprochés de ceux que nous avons antérieurement observés avec les hydrocarbures saturés, nous amènent à attribuer à ces peroxydes, lorsque la vitesse de chauffe et la concentration de l'acétylène s'y prêtent, l'inflammation spontanée des mélanges détonants.

---

(1) Schläpfer et Bruner, *Helv. Chem. Acta*, 13, 1930, p. 1125; Kistiakowsky et Lenher, *Amer. chem. Soc.*, 52, 1930, p. 3785.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la question de l'existence des métalcétyles dans la série grasse*. Note [1] de MM. A. E. Favorsky et J. N. Nazarow, présentée par M. A. Béhal.

Les métalcétyles de la série grasse sont restés inconnus jusqu'à présent contrairement aux métalcétyles aromatiques, bien étudiés [2].

Nous avons étudié l'action du sodium sur l'hexaméthylacétone, la pentaméthylacétone et la pinacoline.

I. *Action du sodium sur l'hexaméthylacétone*. — La réaction se produit en deux phases en solution (éther), de même qu'en son absence

$$\text{(I)}\qquad \begin{matrix}(CH^3)^3C\\(CH^3)^3C\end{matrix}\!\!>\!CO + Na = \begin{matrix}(CH^3)^3C\\(CH^3)^3C\end{matrix}\!\!>\!\dot{C}-ONa;$$

$$\text{(II)}\qquad 2\begin{matrix}(CH^3)^3C\\(CH^3)^3C\end{matrix}\!\!>\!\underset{ONa}{\underset{|}{C}}\ldots = \begin{matrix}(CH^3)^3C\\(CH^3)^3C\end{matrix}\!\!>\!\underset{ONa}{\underset{|}{C}}-\underset{ONa}{\underset{|}{C}}\!<\!\begin{matrix}C(CH^3)^3\\C(CH^3)^3\end{matrix}.$$

La solution rouge foncée du métalcétyle (I) se décolore par exposition à l'air; la solution décolorée donne la réaction du perhydrol. L'association du métalcétyle en alcoolate de la pinacone (II) se produit en solution éthérée si on la laisse en repos pendant quelques jours. En décomposant par l'eau ses cristaux incolores, on obtient le tétrabutyltertiaire-éthylèneglycol.

$$\begin{matrix}(CH^3)^3C\\(CH^3)^3C\end{matrix}\!\!>\!\underset{ONa}{\underset{|}{C}}-\underset{ONa}{\underset{|}{C}}\!<\!\begin{matrix}C(CH^3)^3\\C(CH^3)^3\end{matrix} + 2HOH = \begin{matrix}(CH^3)^3C\\(CH^3)^3C\end{matrix}\!\!>\!\underset{OH}{\underset{|}{C}}-\underset{OH}{\underset{|}{C}}\!<\!\begin{matrix}C(CH^3)^3\\C(CH^3)^3\end{matrix} + 2NaOH.$$

Les deux tiers de la pinacone, aussitôt formés, se dédoublent en hexaméthylacétone et son alcool tétrabutyltertiaire-éthylèneglycol cristaux incolores ($F = 85\text{-}86^\circ$, $Eb_{13} = 156^\circ$), il se transforme sous l'action de l'acide sulfurique concentré froid en formant de la 1.1.1-triméthyl-3.3.3-butyltertiaire-acétone

$$\begin{matrix}(CH^3)^3C\\(CH^3)^3C\end{matrix}\!\!>\!\underset{OH}{\underset{|}{C}}-\underset{OH}{\underset{|}{C}}\!<\!\begin{matrix}C(CH^3)^3\\C(CH^3)^3\end{matrix} \xrightarrow{-H^2O} \begin{matrix}(CH^3)^3C\\(CH^3)^3C\\(CH^3)^3C\end{matrix}\!\!>\!C-CO-C(CH^3)^3,$$

---

(1) Séance du 18 avril 1933.

(2) Beckmann et Paul, *Ann. Chem.*, 1, 1891, p. 266; Schlenk, *D. ch. G.*, 44, 1911, p. 1182; 46, 1913, p. 2840.

liqueur d'odeur camphrée ($Eb_{20}=135\text{-}136°$, $d_{40}^{15°}=0,8838$; $n=1,46343$. R. M. trouvée, 83,58; calculée, 84,93). Cette pinacoline se réduit en alcool correspondant, et réagit avec le sodium métallique en donnant une coloration violette.

La réaction de la pentaméthylacétone avec le sodium se fait d'une manière analogue à celle de l'hexaméthylacétone.

II. *Action du sodium sur la pinacoline.* — Les résultats de cette réaction se sont montré d'un intérêt exceptionnel. Quoique la pinacoline possède une grande capacité d'énolisation (par exemple sous l'influence de l'amidure de sodium) l'action du sodium métallique (sans solvant dans un tube scellé) consiste pour la majeure partie en sa fixation sur l'oxygène du carbonyle

$$(I)\qquad \begin{matrix}(CH^3)^3C\\ H^3C\end{matrix}\!\!>\!CO - Na = \begin{matrix}(CH^3)^3C\\ H^3C\end{matrix}\!\!>\!\underset{ONa}{\underset{|}{C}}\ldots;$$

$$(II)\qquad 2\begin{matrix}(CH^3)^3C\\ H^3C\end{matrix}\!\!>\!\underset{ONa}{\underset{|}{C}}\ldots = \begin{matrix}(CH^3)^3C\\ H^3C\end{matrix}\!\!>\!\underset{ONa}{\underset{|}{C}} - \underset{ONa}{\underset{|}{C}}\!<\!\begin{matrix}C(CH^3)^3\\ CH^3\end{matrix}$$

On n'aperçoit pas de coloration et le métalcétyle ne peut pas exister à l'état libre. En décomposant l'alcoolate de la pinacoline-pinacone par l'eau on obtient un mélange des produits de la déshydratation de la pinacoline-pinacone, rendement 80 pour 100, qui bout à $90\text{-}107°_{15}$. On a pu en isoler deux fractions : $Eb_{15}=90\text{-}91°$ et $Eb_{15}=105\text{-}107°$. Leur analyse, ainsi que celle des fractions intermédiaires, a montré qu'elles ont toutes la composition élémentaire et le poids moléculaire de la formule $C^{12}H^{24}O$. L'élimination d'une molécule d'eau de la pinacoline-pinacone peut produire les quatre composés suivants :

$$(I)\quad \begin{matrix}(CH^3)^3C\\ H^3C\\ H^3C\end{matrix}\!\!>\!C-CO-C(CH^3)^3 \quad\nwarrow\quad \begin{matrix} & OH & \\ & | & \\ (CH^3)^3C- & C & -CH^3\\ & | & \\ (CH^3)^3C- & C & -CH^3\\ & | & \\ & OH & \end{matrix} \quad\nearrow\quad \begin{matrix}(CH^3)^3C\\ (CH^3)^3C\\ H^3C\end{matrix}\!\!>\!C-CO-CH^3\quad (II)$$

$$(III)\quad \begin{matrix} & OH & \\ & | & \\ (CH^3)^3C- & C & -CH^3\\ & | & \\ (CH^3)^3C- & C & =CH^2\end{matrix} \quad\swarrow \qquad\qquad \searrow\quad \begin{matrix}(CH^3)^3C- & C & -CH^3\\ & | \!>\! O & \\ (CH^3)^3C- & C & -CH^3\end{matrix}\quad (IV)$$

Deux d'entre eux ont été isolés :

1° 2.3-dibutyltertiairebutène-(1)-*o.l*-(3) (III). C'est une liqueur peu mobile d'une odeur camphrée ($Éb_{15}=105\text{-}107°$; $d_{4}^{15}=0,8475$; $n=1,45995$; R. M. trouvée 59,082; calculée 58,372). La déshydratation de cet alcool

par l'acide oxalique anhydre donne un hydrocarbure ayant la structure d'un 2.3-dibutyltertiairebutadiène, liqueur mobile ($Éb_{760} = 168-170°$; $d_4^{15} = 0,7754$; $n = 1,43648$; R. M. trouvée 56,029; calculée 56,352). L'existence des doubles liaisons conjuguées peut être facilement prouvée par la condensation de l'hydrocarbure avec l'anhydride maléique :

$$\begin{matrix} & CH^2 \\ (CH^3)^3C-C\!\!\!\!\!\!\!\! & \| \\ (CH^3)^3C-C\!\!\!\!\!\!\!\! & \| \\ & CH^2 \end{matrix} + \begin{matrix} CH-CO \\ \| \quad\quad > O \\ CH-CO \end{matrix} = \begin{matrix} & CH^2 & \\ (CH^3)^3C-C & & CH-CO \\ \| & & \quad > O \\ (CH^3)^3C-C & & CH-CO \\ & CH^2 & \end{matrix}$$

L'anhydride 2.3-dibutyltertiairetétrahydrophtalique, provenant de cette condensation, forme des cristaux incolores. F. 128-129°.

2° Le 2.2.4-triméthyl-4-butyltertiairepentanone (3) (I) est une liqueur mobile incolore d'une légère odeur camphrée. $Eb_{760} = 200-202°$; $d_4^{15} = 0,8434$; $n = 1,44222$; R.M. trouvée 58,377, calculée 57,353. L'alcool correspondant, le 2.2.4-triméthyl-4-butyltertiairepentanol (3) est une liqueur épaisse incolore, ayant une odeur camphrée plus pénétrante. $Éb_{15} = 99°$; $d_4^{15} = 0,8481$. Il forme un produit benzoylé cristallin, F. 48-49°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la déshydratation de quelques alcools tertiaires par le sulfate de cuivre anhydre*. Note de MM. **André Meyer** et **Marcel Tuot**, présentée par M. A. Desgrez.

Nous avons étudié, dans une Note présentée au *XIe Congrès de Chimie industrielle* (vol. 27, n° 3 *bis*, p. 299-305), les huiles neutres de goudrons primaires des *Mines Domaniales Françaises de la Sarre*. Ce travail, fait avec le concours du Ministère de l'Air, a montré la nécessité de réviser les méthodes analytiques usuelles, qui ne sont pas applicables à des mélanges de carbures tels que ceux existant dans les goudrons primaires.

Nous avons alors entrepris l'étude de quelques carbures éthyléniques de C^8 à C^{11}, en vue de rechercher, sur des mélanges synthétiques, de nouvelles méthodes analytiques pouvant s'appliquer aux goudrons primaires. La présente Note décrit la préparation de 8 carbures éthyléniques nouveaux, par déshydratation, au moyen du sulfate de cuivre anhydre, des alcools tertiaires correspondants. Nous avons préparé à cet effet les alcools tertiaires suivants, dont les trois derniers sont nouveaux.

1° *Diméthyl-2.4-hexanol-4*, $C^8H^{18}O$, bromure d'éthylmagnésium sur méthylisobutylcétone (Clarke, Konowalow, Bodroux et Taboury) et bromure d'isobutylmagnésium sur méthyléthylcétone :

$E_{15mm} = 59^o$ — ; $d_{20}^{20} = 0,8243$; $n_D^{20} = 1,4266$; $RM = 40,46$;
$\gamma_{20} = 27,55$; *Parachore* $P = 361,60$; $\eta_{20} = 4666.10^{-5}$.

2° *Diméthyl-2.5-hexanol-2*, $C^8H^{18}O$, bromure d'isoamylmagnésium sur acétone (Grignard, Dupont) :

$E_{32mm} = 76^o$; $d_{20}^{20} = 0,8120$; $n_D^{20} = 1,4214$; $RM = 40,63$;
$\gamma_{20} = 26,90$; $P = 364,90$; $\eta_{20} = 6027.10^{-5}$.

3° *Diméthyl-2.4-heptanol-4*, $C^9H^{20}O$, bromure de propylmagnésium sur méthylisobutylcétone (Bodroux et Taboury) :

$E_{19mm} = 75^o$ — ; $d_{20}^{20} = 0,8230$; $n_D^{20} = 1,4292$; $RM = 45,13$;
$\gamma_{20} = 27,00$; $P = 399,2$; $\eta_{20} = 6684.10^{-5}$.

4° *Diméthyl-2.5-heptanol-5*, $C^9H^{20}O$, bromure d'isoamylmagnésium sur méthyléthylcétone (Konowalow) :

$E_{25mm} = 85^o$; $d_{20}^{20} = 0,8264$; $n_D^{20} = 1,4308$; $RM = 45,08$;
$\gamma_{20} = 27,20$; $P = 398,30$; $\eta_{20} = 9879.10^{-5}$.

5° *Triméthyl-2.4.6-heptanol-4*, $C^{10}H^{22}O$, bromure d'isobutylmagnésium sur méthylisobutylcétone (Bodroux et Taboury) :

$E_{19mm} = 81^o$; $d_{20}^{20} = 0,8200$; $n_D^{20} = 1,4312$; $RM = 49,90$;
$\gamma_{20} = 27,60$; $P = 442$; $\eta_{20} = 4626.10^{-5}$.

6° *Triméthyl-2.3.5-hexanol-3*, $C^9H^{20}O$, bromure d'isopropylmagnésium sur méthylisobutylcétone :

$E_{21mm} = 72^o$; $d_{20}^{20} = 0,8271$; $n_D^{20} = 1,4321$; $RM = 45,25$;
$\gamma_{20} = 28,13$; $P = 401,30$; $\eta_{20} = 3617.10^{-5}$.

7° *Diméthyl-2.4-octanol-4*, $C^{10}H^{22}O$, bromure de butylmagnésium sur méthylisobutylcétone :

$E_{27mm} = 97^o$; $d_{20}^{20} = 0,8253$; $n_D^{20} = 1,4338$; $RM = 49,84$;
$\gamma_{20} = 27,40$; $P = 438,8$; $\eta_{20} = 9439.10^{-5}$.

8° *Triméthyl-2.4.7-octanol-4*, $C^{11}H^{24}O$, bromure d'isoamylmagnésium sur méthylisobutylcétone :

$E_{17mm} = 100^o$; $d_{20}^{20} = 0,8250$; $n_D^{20} = 1,4359$; $RM = 54,50$;
$\gamma_{20} = 27,0$; $P = 475,7$; $\eta_{20} = 12163.10^{-5}$.

En même temps que les dérivés triméthylés, il se forme le *triméthyl-2.4.8-nonénol-4.6* et la *triméthyl-2.4.8-nonénone-4.6*, provenant de la condensation de la méthylisobutylcétone.

Déshydratation. — Ces alcools tertiaires possèdent une résistance notable à la déshydratation. Les agents de déshydratation habituels : bisulfate de potassium, acide oxalique, acide sulfurique, chlorure de zinc, sulfate d'aluminium, etc., présentent divers inconvénients. En général, les catalyseurs acides provoquent la formation de goudrons, d'acides organiques, et autres produits, nuisant ainsi aux rendements et à la pureté des carbures. De plus, la déshydratation, pour être complète, nécessite plusieurs passages sur les réactifs et il se produit fréquemment des isomérisations ou transpositions.

Nous avons trouvé dans le sulfate de cuivre anhydre, que nous employons depuis plus d'un an, un excellent agent de déshydratation qui présente l'avantage de ne provoquer aucune isomérisation, tout en donnant de très bons rendements en hydrocarbures éthyléniques purs.

L'étude du phénomène a été faite en chauffant à reflux divers alcools avec des quantités variables de SO^4Cu pendant des temps et à des températures variables. La température favorable se trouve entre 180° et 210° : au-dessus, le sulfate de cuivre commence à se décomposer; au-dessous, la réaction est trop lente. L'opération peut d'ailleurs être rendue continue : on introduit dans un petit ballon Pyrex environ 15^g de SO^4Cu anhydre mélangé d'un peu de ponce; le ballon est surmonté d'une petite colonne Vigreux reliée à un réfrigérant descendant. Le carbinol à déshydrater est introduit au moyen d'une ampoule à brome. On chauffe, suivant le cas, entre 185° et 205°, au bain d'huile, et l'on fait couler l'alcool goutte à goutte. L'hydrocarbure et l'eau passent à la distillation, le sulfate de cuivre jouant alors le rôle d'un véritable catalyseur. Dans certains cas, il est nécessaire d'opérer sous pression réduite, de manière à assurer la distillation du carbure à la température maxima de chauffage du bain d'huile.

On a préparé ainsi les carbures nouveaux suivants :

Diméthyl-2.4-heptène-4, *diméthyl-2.5-hexène-2*, *diméthyl-2.4-heptène-4*, *diméthyl-2.5-heptène-4*, *triméthyl-2.3.5-hexène-2*, *diméthyl-2.4-octène-4*, *triméthyl-2.4.6-heptène-3*, *triméthyl-2.4.7-octène-4* [1].

---

[1] Le *Service des Recherches de l'Aéronautique* a accordé un concours matériel à nos travaux.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Orientation de l'arsénolite et de la sénarmontite par le mica.* Note (¹) de M. **Raymond Hocart**, transmise par M. Pierre Weiss.

Si l'on sublime dans une fente de clivage de mica un fragment d'arsénolite ou de sénarmontite, on obtient de petits octaèdres réguliers, limpides, à bords nets, isotropes dans le cas de l'arsénolite, biréfringents dans le cas de la sénarmontite (la structure optique est celle de la sénarmontite); ces cristaux sont orientés par le mica.

Les octaèdres, dont une face $a^1(111)$ est en contact avec le plan $p(001)$ du mica, sont répartis entre quatre orientations symétriques deux à deux par rapport à la trace du plan $g^1(010)$ du mica et deux à deux par une rotation de 180° autour de la normale au plan $p(001)$ du mica ; l'un des côtés des triangles équilatéraux fait un angle de 11° avec la trace de $g^1(010)$.

En effet les deux plus petites mailles planes quasi identiques (²) qui appartiennent l'une au plan $a^1(111)$ des cristaux orientés, l'autre au plan $p(001)$ de leur support, sont pour les premiers une maille sénaire, pour le mica une maille pseudo-sénaire très approchée.

Côté du losange :

$$Sb^4O^6 = 13{,}64\ \text{Å};\quad As^4O^6 = 13{,}54\ \text{Å};\quad \text{Mica} = 13{,}67\ \text{Å}.$$

Ordre de multiplicité de la maille plane (rapport des aires) :

$$Sb^4O^6 = 3,\qquad As^4O^6 = 3.\qquad \text{Mica} = 7.$$

Dans le plan $a^1(111)$ du cristal orienté, la maille sénaire est définie par les rangées $[11\bar{2}]$ $[1\bar{2}1]$ $[\bar{2}11]$ qui coïncident en direction avec les trois hauteurs du triangle [les paramètres absolus de ces deux espèces ont été déterminés par Bozorth (³) :

$$As^4O^6 : a = [100] = [010] = [001] = 11{,}06\ \text{Å};\qquad Sb^4O^6 : a = 11{,}14\ \text{Å}].$$

Dans le plan $p(001)$ du mica les rangées $[510]$ $[130]$ $[2\bar{1}0]$ et leurs symétriques par rapport à $g^1(010)$: $[5\bar{1}0]$ $[1\bar{3}0]$ $[210]$ définissent six

(¹) Séance du 18 avril 1933.

(²) L. Royer, *Bull. Soc. franç. de Minéralogie*, 51, 1928, p. 7-159.

(³) R. Bozorth, *Journ. Amer. Chem. Soc.*, 45, 1923, p. 1621

orientations d'une maille plane pseudo-sénaire de côté égal à 13,67 Å; mais ces six orientations, symétriques deux à deux par rapport à g^1 (010) et trois à trois par une rotation de 120° autour de la normale au plan p (001) ne déterminent que quatre orientations des triangles équilatéraux en lesquels on peut décomposer le rhombe; ce sont celles que l'on observe dans l'accolement qui vient d'être décrit.

L'exemple de la sénarmontite et de l'arsénolite est peut-être le premier (¹) qui soit relatif à l'orientation d'un réseau de molécules par le mica.

GÉOLOGIE. — *Formation continentale sous-jacente aux Calcaires du Niari (Congo français).* Note de M. **H. Lagotala**, présentée par M. L. Cayeux.

Les divers auteurs considèrent que les conglomérats qui supportent les assises des calcaires du Niari (schisto-calcaires) sont d'origine glaciaire et qu'ils constituent la base des schisto-calcaires. L'analyse des descriptions détaillées de Cornet, Delhaye et Sluys, Duparc et Amstutz, Ghitulescu, Couchet, Babet, l'étude des échantillons provenant de la bordure du massif du Chaillu et de la rive gauche du fleuve Congo, nous permettent de préciser ce problème.

Les formations conglomératiques possèdent un ciment schisteux, argileux, argilo-gréseux, argilo-calcaire, ou gréseux riche en grains de quartz roulés, subanguleux ou anguleux. Les galets, le plus souvent noyés, pêle-mêle, dans le ciment, sont de nature variée. On y reconnaît des granites, des gneiss, des diabases, des quartzites, des arkoses, des grès, des calcaires, etc. (²); leur volume varie d'une fraction de millimètre cube au tiers de mètre cube. Parfois des bancs d'arkoses ou des schistes dépourvus de galets s'intercalent dans cette formation, qui peut atteindre 200^m de puissance, mais aussi parfois 1^m. Ces variations d'épaisseur sont brusques.

Dans la région de la Lufu, ce conglomérat est un véritable poudingue (Cornet), mais en général les éléments sont subanguleux ou anguleux et voisinent avec d'autres éléments bien roulés. Il semble que dans la région du massif du Chaillu le faciès soit plus gréseux, passant même à un grès conglomératique.

Delhaye et Sluys ont montré que ce conglomérat reposait en discor-

(¹) L. Royer, *op. cit.*, p. 119-120, et *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 282.

(²) Nous y avons trouvé un morceau de calcaire oolithique; or jusqu'à ce jour on n'a pas trouvé de faciès oolithique dans les formations sous-jacentes au conglomérat.

dance sur le système « métamorphique » (quartzito-schisteux). Au-dessus du conglomérat se trouvent des dolomies roses et grises dont l'épaisseur, 10 à 12^{m}, est remarquablement constante sur un grand territoire.

L'ensemble des caractères de la formation conglomératique démontre son origine glaciaire. La tendance est de le considérer comme résultant d'un dépôt glacio-lacustre ou glacio-marin. Nous croyons que cette interprétation ne se justifie pas. En effet, le conglomérat offre une surface supérieure régulière, comme en témoigne la constance d'épaisseur de la couche dolomitique qui le recouvre. Les variations d'épaisseur du conglomérat trahissent l'irrégularité de la surface inférieure, par conséquent du soubassement sur lequel s'est effectué le dépôt. La présence de galets roulés indiquant un remaniement des matériaux morainiques, et l'absence presque totale de stratification, surtout dans la zone du fleuve Congo, semblent démontrer le peu de probabilité d'un dépôt effectué sous l'eau, ce qui semble encore confirmé par la nature irrégulière du soubassement sur lequel s'effectua le dépôt de cette formation.

Nous avons comparé nos échantillons avec des morceaux de moraines de fond (quaternaire) du glacier du Rhône, et nous avons constaté l'identité presque parfaite de faciès entre ces deux formations. Les divers faciès rencontrés dans les formations conglomératiques du Congo correspondent aux divers aspects des dépôts morainiques quaternaires : moraine de fond, moraine relavée, transition au fluvio-glaciaire. La surface irrégulière sur laquelle ces conglomérats se sont déposés représente l'ancien relief continental dont les parties basses furent comblées par le complexe des matériaux morainiques qui finirent par recouvrir tout un vaste territoire. Nous pouvons admettre que les faciès généralement plus gréseux de la zone bordure du massif du Chaillu correspondent à des parties plus remaniées de ces dépôts glaciaires, et à un matériel d'origine plus gréseux.

L'effondrement de cet ancien relief détermina une transgression rapide et la sédimentation de dolomies, que nous considérerons jusqu'à nouvel avis comme horizon de base des calcaires du Niari. Nous proposons donc de considérer les formations conglomératiques étudiées ici comme une formation continentale d'origine glaciaire et partiellement fluvio-glaciaire. Dans ce cas la classification stratigraphique doit s'établir comme suit de haut en bas :

Calcaires du Niari
discordance
Tillites du Bas-Congo
discordance
Schisto-quartzeux

GÉOLOGIE. — *Données nouvelles sur la géologie du Sahara occidental.* Note de M. N. **Menchikoff**, présentée par M. Ch. Jacob.

Au mois de janvier dernier, j'ai eu l'occasion de traverser la région d'Aftoute et d'atteindre le point d'eau de Chenachane.

Le Reg Aftoute, qui forme, au point de vue géologique, le prolongement oriental du bombement anticlinal des Eglab, fait apparaître, sur une largeur d'environ 150^{km}, le socle cristallin, constitué ici par un granite calco-alcalin à biotite. Ce socle granitique, recouvert d'arènes sur de grandes surfaces, est traversé par de nombreux filons de microgranites et surtout de rhyolites. Celles-ci y sont abondantes et forment en outre des coulées. En particulier, le Kahal Morra, massif montagneux au Nord de Chenachane, est presque entièrement rhyolitique.

Abstraction faite des lambeaux de « terrain des hammadas », d'âge indéterminé, et des formations récentes, les terrains cristallins d'Aftoute sont accompagnés, tant au Nord qu'au Sud, par une bordure de couches primaires.

Au Nord, dans le Menakeb, entre les gisements dévoniens de Bou-Bernous décrits dans une Note précédente [1] et un banc de grès quartziteux qu'on trouve immédiatement au-dessus des rhyolites, à 30^{km} au Sud de Bou-Bernous, je ne puis signaler qu'une bande de grès de quelques dizaines de mètres de puissance. La position de ces grès, ainsi que leur faciès me font les rattacher aux grès ordoviciens d'Ougarta. Toute cette bordure plonge régulièrement de quelques degrés vers le Nord-Est.

De l'autre côté du bombement anticlinal des Eglab, c'est-à-dire à la lisière sud de la zone cristalline le long de l'Oued Chenachane, j'ai pu relever de bas en haut la coupe suivante :

1° 15^{m} de grès lités, qui débutent au-dessus des granites ou des rhyolites par un niveau d'arkose;

2° Une centaine de mètres de dolomie massive, grise, à patine rousse;

3° 3 à 5^{m} de grès lités, avec des niveaux verts quartziteux;

4° 10 à 20^{cm} d'un conglomérat formé de galets aplatis de grès dur, quartziteux;

5° 150^{m} au moins de grès, souvent grossiers et à stratification entre-croisée. Quelques filons-couches de dolérite s'intercalent au milieu de ces grès.

Tout cet ensemble plonge régulièrement de 5° à 7° vers le Sud.

Dans cette coupe du Primaire de Chenachane se distinguent nettement

---

(1) *Comptes rendus*. **196**, 1933, p. 1038.

deux parties : une série inférieure, essentiellement dolomitique (de 1° à 3°) et une série supérieure, gréseuse, séparée de la précédente par un conglomérat (4° à 5°).

Si donc on attribue à l'Ordovicien la série gréseuse supérieure au conglomérat, on est amené à considérer comme cambrienne la série dolomitique inférieure.

D'autres faits militent en faveur de cette hypothèse.

1° Les grandes masses dolomitiques de l'Anti-Atlas, tout à fait semblables aux dolomies de Chenachane et en même situation stratigraphique, sont nettement cambriennes.

2° Les dolomies de Chenachane renferment des restes d'organismes (groupe des *Stromatoliti* dans *Spongiostromata* de J. Pia, que cet auteur rapproche des Algues Schisophycées (¹). Les uns en forme de troncs sont voisins des *Collenia*? *prolifica* Walcott du Cambrien supérieur des Montagnes Rocheuses (²); les autres sont semblables aux « organismes A et C » et aux « récifs en coupole » découverts il y a quelques années par M. A. Bigot dans le Cambrien de Carteret en Normandie (³).

Quelques échantillons, provenant de Chegga et d'El-Kseib à près de 200^km au Sud-Est de Chenachane et qui m'ont été rapportés par des méharistes, montrent bien dans la première falaise du Hank la présence des mêmes dolomies avec les mêmes organismes voisins des *Collenia*.

De plus, des organismes identiques, considérés comme « accidents minéralogiques » par R. Chudeau (⁴), sont connus à un millier de kilomètres plus au Sud-Ouest, dans les environs immédiats d'Atar en Mauritanie, où ils se trouvent, ainsi qu'à Chegga et à Chenachane, dans des couches dolomitiques, vers la base de la couverture sédimentaire paléozoïque.

Il y aurait donc, en écharpe à travers tout le Sahara occidental, sur plus de 1200^km sur le flanc sud-est de la « dorsale cristalline » (⁵), c'est-à-dire de l'axe Églab-Karet-Ytty, une étroite bande d'affleurements, présumés cambriens, qui correspondent à la première falaise du Hank et à la base de l'escarpement de l'Adrar en Mauritanie.

(¹) *In* Max Hirmer, *Handbuch der Paläobotanique*, 1, 1927, p. 37, fig. 23.

(²) Ch. D. Walcoot, *Smiths. Misc. Coll.*, 75, n° 3, 1928, p. 294, pl. 56 et 57, fig. 28.

(³) A. Bigot, *Bull. Soc. Linn. Norm.*, 7e série, 8, 1926, p. 130, pl. IV à VIII; 8e série, 2, 1929, p. 68, pl. V.

(⁴) *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 4e série, 11, 1911, p. 426, note infrapaginale. M. Hubert, puis M. Malavoy m'ont dit avoir pensé à l'origine organique de ces troncs d'Atar.

(⁵) Je dois ce terme à M. Conrad Kilian.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la prétendue existence de centrosomes et d'asters chez les végétaux supérieurs.* Note [1] de M. **André Eichhorn**, présentée par M. L. Mangin.

L'existence de centrosomes et d'asters est depuis longtemps démontrée chez les Végétaux inférieurs : Algues brunes, Ascomycètes supérieurs, par exemple, mais, jusqu'ici, tous les travaux entrepris en vue de prouver leur présence chez les Angiospermes ont échoué. Récemment, toutefois, cette question a été reprise dans une étude poursuivie sur les *Lonicera* et son auteur a cru pouvoir apporter la preuve de la participation de centrosomes et d'asters à l'évolution des cinèses somatiques et réductrices [2]. A la suite de ce travail, nous avons entrepris un examen caryologique des mêmes végétaux, mais il ne nous a pas été possible de confirmer cette découverte.

Nous nous sommes adressé, en premier lieu, au *Lonicera alpigena*, que nous envisagerons seul ici, et nous avons fait l'étude de la mitose somatique et de la méiose en utilisant des fixateurs employés par l'auteur : Boin, Nawaschin auxquels nous avons ajouté les liquides de Helly et de Benda. Avec le Helly et le Benda, le cytoplasma est parfaitement fixé, tandis que le chondriome, comme aussi le système vacuolaire, n'est qu'imparfaitement respecté par le liquide de Bouin, sous l'action duquel les mitochondries, particulièrement, prennent un aspect vésiculisé, le chondriome disparaissant sous l'action du fixateur de Nawaschin qui ne conserve que les précipités vacuolaires en nombre restreint. L'examen des préparations, après fixation au Helly, est rendu difficile du fait de l'existence d'un chondriome abondant à côté de précipités vacuolaires en nombre considérable et de toutes tailles. Ces diverses formations entourent le noyau dans la cellule au repos et il n'est pas possible de discerner s'il existe ou non, au contact de celui-ci, un centrosome. Les figures mitotiques, qu'il s'agisse de la mitose somatique ou de la mitose réductrice, sont le plus souvent environnées de précipités vacuolaires et de mitochondries dont la présence rend malaisée la recherche des centrosomes. Seule l'aire fusoriale, qui n'a d'ailleurs aucune apparence fibrillaire, est dépourvue de tout élément cytoplasmique figuré.

Sur la quantité de préparations observées, nous avons, naturellement, rencontré d'assez nombreux cas où la lecture des images pouvait être faite

---

(1) Séance du 10 avril 1933.

(2) Y.-A. Feng, *Le Botaniste*, 24, 1933, p. 335-352.

avec une parfaite netteté, il s'agit spécialement de métaphases et d'anaphases. A ces stades, les quelques précipités vacuolaires situés aux extrémités de l'aire fusoriale ne peuvent masquer la présence éventuelle des centrosomes et surtout des fibrilles astériales et, cependant, malgré la plus grande attention, il ne nous a jamais été possible de déceler de telles formations.

Dans les préparations faites en utilisant les liquides de Bouin ou de Nawaschin, où tant le chondriome que la plus grande partie des précipités vacuolaires sont détruits, l'examen du noyau quiescent, comme des diverses étapes de la mitose, est des plus simples. De place en place, au pourtour de la membrane nucléaire, qu'il s'agisse d'un noyau au repos ou en prophase dans le cas des mitoses somatiques, ou en synapsis pour les mitoses réductrices, on trouve des précipités vacuolaires de taille variable. Aux stades suivants il apparaît bien un fuseau, ceci à n'en pas douter sous l'action du fixateur ainsi que nous l'avons démontré ailleurs déjà [1] et comme le confirment les préparations obtenues après fixation au Helly qui n'en comportent pas. Les images de métaphase, dans les cellules mères du pollen, sont particulièrement typiques à cet égard. Or, à ce stade, comme aussi aux suivants, on rencontre bien quelques précipités autour de la figure mitotique et, parfois, aux pôles du fuseau, mais rien qui puisse se rappeler un centrosome. Le cytoplasma lui-même, bien que mal fixé, ne prend pas, aux environs des pôles, l'aspect de fibrilles astériales et nous sommes fondé, croyons-nous, à nier l'existence de ces fibrilles chez le *Lonicera* [2].

En résumé, la présence de centrosomes peut être difficilement démontrée dans la cellule au repos, en raison de l'existence, autour de la membrane nucléaire, d'un nombre plus ou moins élevé de précipités vacuolaires et de mitochondries. Cette difficulté peut être tournée en utilisant divers fixateurs qui ne conservent qu'un nombre restreint de ces précipités. Même alors, aucun centrosome n'est visible. A la métaphase, à l'anaphase et à la télophase on rencontre, parfois, aux extrémités du fuseau que l'on peut considérer, d'ailleurs, sous sa forme fibrillaire, comme un artifice de préparation, un ou deux précipités vacuolaires, tout centrosome faisant défaut. A ces stades, on ne saurait admettre qu'il puisse y avoir confusion entre ces deux sortes d'éléments, puisque les fibrilles astériales qui permettraient de

---

(1) *Arch. Bot.*, 5, Mém. n° 1, 1931, p. 1-100.

(2) On sait, d'ailleurs, que l'apparence des asters, chez les animaux, varie avec les conditions de fixation : pH, température, teneur en acides, durée d'action, etc. Cf. H. J. Fry, *Biol. Bull.*, 63, 1932, p. 149-186.

démontrer que le granule ou l'un de ceux-ci quand il s'en trouve plusieurs, est le véritable centrosome et qui seraient à tout prendre le meilleur criterium, ne se rencontrent jamais, quel que soit le liquide fixateur employé.

Les centrosomes décrits par Feng chez le *Lonicera* doivent être considérés, par conséquent, comme de simples précipités vacuolaires normaux. Des observations poursuivies sur d'autres espèces de *Lonicera* démontrent, d'ailleurs, de la manière la plus nette, l'absence de centrosomes et d'asters chez ces végétaux.

BOTANIQUE. — *Sur le développement des octants dans l'embryon des Fougères leptosporangiées.* Note de M. **Vladesco**, présentée par M. Molliard.

Nous avons montré [1] que les premières divisions de l'embryon des Fougères leptosporangiées, aboutissant à la formation des octants, ne peuvent justifier, par l'ordre de la succession, la signification que la plupart des auteurs leur attribuent dans le déterminisme embryonnaire.

Les descriptions que donnent les auteurs du développement ultérieur des octants sont contradictoires sur certains points et manquent de précision sur d'autres. Il nous a paru utile de reprendre l'étude de cette question dont l'intérêt se trouve accru à la suite des recherches et des interprétations récentes.

Nous avons donc suivi ce développement et en particulier la différenciation et le fonctionnement des cellules initiales des premiers organes chez plusieurs espèces.

Au stade octocellulaire l'embryon présente une uniformité remarquable, chacun des hémisphères primitifs ayant deux octants supérieurs placés du côté du prothalle et deux inférieurs situés vers le col de l'archégone.

Nos observations contredisent l'assertion classique [2] suivant laquelle chaque octant fonctionnerait primitivement comme cellule apicale définie, alors que plus tard une seule cellule persisterait comme initiale dans chacun des quadrants donnant respectivement le cotylédon, la tige, la racine et le pied.

---

[1] *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1415.

[2] Campbell, *Mosses an Ferns*, 1913, p. 321.

Chez *Gymnogramme sulphurea*, chacun des deux octants *antéro-inférieurs* prend successivement trois cloisons, dont les lignes d'insertion à la surface de l'embryon sont respectivement parallèles à la paroi basale pour la première, à la paroi médiane pour la deuxième, à la paroi transverse pour la troisième; leur ligne d'insertion interne se dirige obliquement en se rapprochant du centre de l'embryon. Ensuite, ces deux octants poursuivent un développement symétrique par rapport au plan médian et produisent à titre égal la première feuille. A aucun stade, on ne constate une prédominance de l'un de ces octants, ni la formation d'une initiale typique correspondant à l'ensemble du quadrant antéro-inférieur.

Les deux octants *antéro-supérieurs*, attribués par les auteurs soit tous deux à la tige, soit respectivement à la tige et à la deuxième feuille, subissent d'abord des cloisonnements symétriques par rapport au plan médian, mais dont la succession n'est pas la même que dans les octants antéro-inférieurs. Alors que la première paroi présente la même orientation que dans ces derniers, la deuxième est à peu près parallèle au plan transverse et la troisième disposée presque parallèlement à la première. Après ces premiers cloisonnements, on distingue deux cellules (une dans chaque octant) en forme de pyramide triangulaire renversée et présentant une paroi commune qui correspond à la paroi médiane. La structure du cytoplasme de l'une de ces deux cellules permet de la considérer comme initiale du point végétatif de la tige (qu'il conviendrait mieux d'appeler point végétatif du sporophyte), ce qui est confirmé par son fonctionnement ultérieur. Jusqu'à un stade relativement avancé, cette initiale ne prend aucune cloison parallèle à la paroi médiane contre laquelle elle reste appliquée. C'est seulement lorsque la première feuille et la première racine sont sur le point de traverser l'enveloppe archégoniale qu'une cloison ayant cette orientation apparaît et que la cellule se définit, par son cloisonnement sur trois faces, comme initiale typique.

Le développement de la deuxième feuille s'effectue à partir de l'octant voisin sans qu'on puisse préciser la position primitive de son initiale définitive.

Il est important de noter que les deux octants antéro-supérieurs contribuent aussi par une partie de leurs éléments à la constitution de l'organe suctorial appelé pied, comme l'a reconnu Hofmeister pour *Pteris aquilina*.

Les deux octants *postéro-supérieurs* qui subissent des divisions moins régulières, entrent totalement dans la constitution du pied à laquelle contribue, comme nous venons de l'indiquer, une partie des deux octants antéro-supérieurs. Le pied a par conséquent une origine mixte.

L'initiale de la première racine apparaît conformément aux descriptions classiques dans l'un des octants *postéro-inférieurs*.

Le développement est sensiblement le même chez *Aspidium Filix-mas*, *Athyrium Filix-fœmina* et *Dryopteris parasitica*.

Chez *Scolopendrium vulgare* l'orientation de la première paroi apparaissant dans chaque octant de l'hémisphère épibasal sépare deux cellules en contact, l'une et l'autre, avec la paroi basale et par conséquent ne détermine pas un disque (*Epibasalglied* de Vouk) et une calotte.

Dans certaines espèces citées plus haut, une remarque analogue peut être faite en ce qui concerne l'hémisphère hypobasal.

Il résulte de nos observations que :

1° Les cellules octantes ne peuvent être considérées comme des cellules apicales se divisant par des cloisons successives parallèles aux trois divisions primitives de l'embryon.

2° La première feuille tire son origine du développement égal des deux octants antéro-inférieurs.

3° Dans l'un des deux octants antéro-supérieurs une cellule initiale typique définit le pôle supérieur de l'embryon.

4° Le pied ne résulte pas uniquement des deux octants postéro-supérieurs, une partie des deux octants antéro-supérieurs participant à sa constitution.

5° Dans toutes les espèces étudiées, les régions correspondant aux octants primitifs sont distinctes même à un stade avancé.

6° La formation d'un disque et d'une calotte dans chaque hémisphère n'est pas un fait général.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Variations de la teneur en azote chez le Lilas au cours du forçage*. Note de M. **R. Quetel**, présentée par M. Molliard.

R. Combes (1) note que l'éthérisation, tentée par lui sur le Hêtre, n'a exercé aucune influence sur l'éclosion des bourgeons de cette plante, non plus que sur les variations de son métabolisme azoté. Quels sont, à ces deux points de vue, les effets successifs de l'éther et de la chaleur humide sur les espèces susceptibles d'être forcées? Telle est la question qui fait l'objet de la présente Note.

Les plantes en expérience des Lilas greffés ont été traitées en se conformant à la technique courante : le 2 octobre 1930, elles sont arrachées et

(1) R. Combes, *Rev. gén. de Bot.*, 45, 1933, p. 133.

transportées dans un abri aéré où elles séjournent jusqu'au 13 novembre; elles sont alors placées pendant 48 heures dans une enceinte renfermant de la vapeur d'éther à la dose de $0^g,4$ par litre d'air; elles sont enfin plantées dans le sable humide d'une serre à 34-36°, dont l'atmosphère est maintenue saturée d'humidité. Dans ces conditions, les bourgeons éclosent six jours après l'éthérisation, soit le 22 novembre. Le 5 décembre, les fleurs sont complètement épanouies.

Les analyses s'adressent à des rameaux de l'année et aux bourgeons qu'ils portent. Ces organes sont traités suivant la technique employée et décrite par R. Combes pour la séparation et le dosage de l'azote protéique et de l'azote soluble.

Dans le tableau qui suit, les quantités d'azote sont rapportées à 100 d'organes desséchés, et P/S représente le rapport de l'azote protéique à l'azote soluble.

	Rameaux.			Bourgeons.		
Date.	Azote protéique.	Azote soluble.	$\frac{P}{S}$.	Azote protéique.	Azote soluble.	$\frac{P}{S}$.
			Azote des plantes forcées.			
16-10	0,831	0,134	6,17	2,132	0,281	7,58
30-10	0,967	0,128	7,53	2,123	0,275	7,71
13-11	0,940	0,116	8,10	2,187	0,267	8,19
			Éthérisation.			
16-11	0,959	0,148	6,45	1,974	0,300	6,57
18-11	0,912	0,122	7,42	2,304	0,317	7,27
20-11	0,755	0,132	5,69	2,662	0,546	4,88
			Éclosion des bourgeons.			
22-11	0,714	0,104	6,78	3,293	0,913	3,60
28-11	0,755	0,153	4,91	4,339	1,659	2,68
			Azote des plantes témoins en plein air.			
17-10-30	0,842	0,102	8,20	2,034	0,208	9,79
26- 2-31	1,015	0,096	10,54	2,296	0,237	9,70
13- 3-31	1,321	0,237	5,57	2,339	0,308	7,58
27- 3-31	0,839	0,151	5,52	2,217	0,412	2,62
28- 4-31	0,543	0,150	3,59	4,123	0,856	4,81

L'azote des plantes témoins ne présentant pas de variations notables entre le 17 octobre 1930 et le 26 février 1931, aucun chiffre correspondant

à cette période n'a été indiqué. Les résultats relatifs à ces plantes mettent en évidence des phénomènes à peu près comparables à ceux constatés chez le Hêtre : variations des substances azotées surtout accusées dans les bourgeons, témoignant d'une protéogénèse accentuée, mais se produisant plus tard que chez le Hêtre.

Chez les rameaux des plantes forcées, le taux de l'azote protéique varie très faiblement après l'arrachage (du 2-10 au 13-11); il en est de même chez les témoins. L'éthérisation et la mise en serre abaissent ce taux et lui font prendre les valeurs que présenteront les témoins au cours de leur développement normal. A aucun moment l'azote soluble des rameaux ne présente de variations notables, tant chez les plantes forcées que chez les témoins.

Pour ce qui concerne les bourgeons des plantes arrachées, tandis que leur teneur en azote protéique présente la même stabilité que celle du témoin, leur teneur en azote soluble se maintient sensiblement plus forte. Après l'action de l'éther, une légère diminution du taux de l'azote protéique se manifeste chez les bourgeons, puis les deux formes d'azote augmentent très rapidement et très fortement. En particulier, l'accumulation de l'azote soluble dans les tissus des bourgeons se montre plus accentuée que chez les témoins lorsqu'ils seront parvenus aux mêmes stades. Cette accumulation rend possible une protéogénèse rapide permettant l'édification active des tissus nouveaux.

En ce qui concerne le rapport P/S chez les bourgeons, constatons que l'éthérisation lui fait subir une brusque diminution, qui s'accentue après une seule oscillation; les bourgeons des plantes forcées éclosent ainsi lorsque P/S a pris une valeur très faible comparable à celle que l'on constate chez les plantes témoins lors de l'éclosion des bourgeons.

En résumé, l'arrachage, puis l'éthérisation, placent immédiatement les tissus dans les conditions chimiques de la poussée végétative du printemps. La mise en serre chaude et humide qui succède à l'éthérisation amène des variations du métabolisme azoté très voisines de celles que présenteront au printemps les plantes de plein air. L'accroissement d'azote soluble mis à part, le forçage ne modifie pas la nature du métabolisme azoté qui caractérise l'entrée en vie active, mais il intervient en déclenchant ce métabolisme avant la date normale et il en accélère les diverses phases, qui se succèdent alors en un temps environ sept fois moins long que le temps normal.

HISTOLOGIE. — *Étude de l'action toxique des cations sur les fibroblastes cultivés* in vitro. Note [1] de MM. **J. Verne** et **C. Sannié**, présentée par M. A. Desgrez.

L'action de divers sels métalliques sur les tissus cultivés *in vitro* a déjà été envisagée, mais il s'agit de travaux dont les résultats sont assez disparates.

Nous avons recherché systématiquement l'action d'un grand nombre de sels métalliques sur les cultures *in vitro*, en prenant comme test, dans une première série d'expériences, les fibroblastes obtenus aux dépens de cultures de cœurs d'embryon de poulet.

Nous avons, dans l'immense majorité des cas, utilisé les chlorures, dont l'anion nous a semblé plus physiologique. Pour permettre de comparer les résultats, nous avons exprimé les concentrations en normalité. Dans tous les travaux effectués jusqu'à présent, les concentrations étaient exprimées en poids du sel par litre, sans tenir compte du poids moléculaire ni de la constitution des sels utilisés.

Tantôt la solution du sel étudié, faite en liquide de Ringer, était ajoutée au milieu plasma + jus embryonnaire de cultures en goutte pendante; tantôt le fragment de tissu était introduit dans le milieu salin en l'absence de plasma et de jus. Dans tous les cas, des cultures témoins sur milieu normal étaient effectuées.

Les résultats obtenus sur les cultures en milieu plasmatique nous permettent de classer les métaux en plusieurs grands groupes :

1° Métaux dépourvus de toute toxicité : alcalins (à l'exception de NH^4), Ca, Mg, dont les chlorures peuvent remplacer équimoléculairement NaCl du liquide de Ringer.

2° Métaux faiblement toxiques : NH^4, Sr, Ba, Mn, empêchant la croissance des cultures à des concentrations comprises entre N/120 et N/150.

3° Métaux moyennement toxiques (de N/200 à N/1000). Ce sont par ordre d'activité croissante : Fe, Pb, Al, UO^2, Be, Y, Pr, La, Dy, Th.

4° Métaux toxiques (de N/1000 à N/5000) : Ce, Tl, Ni, Co, Au, Pt, Cu, Zn.

5° Métaux très toxiques (au-dessus de N/10000) Cd et Hg.

Les métaux lourds forment, en présence des protides du plasma et du jus embryonnaire, des composés plus ou moins solubles. La culture est trop

---

[1] Séance du 18 avril 1933.

souvent gênée par l'importance des précipitations formées. Aussi avons-nous été conduits à essayer l'action des solutions sur les cultures dans les milieux dépourvus de plasma et de jus embryonnaire. Les fragments de tissus étaient ensuite repiqués en milieu normal pour apprécier leur vitalité.

Nous avons ainsi pu constater que le composé insoluble formé protège la culture contre l'action toxique du métal étudié.

Tel est le cas pour le plomb, le cuivre et le platine, qui se révèlent très toxiques en milieu salin et pour lesquels l'action protectrice est marquée. Cette action est moindre pour l'uranyle, le chrome, le fer et l'or. Elle est nulle pour le thallium, le cadmium et le mercure.

Enfin, pour le zinc, le nickel et le cobalt, nous avons observé que l'action toxique était sensiblement plus marquée en milieu protéique qu'en milieu salin.

L'action toxique sur les fibroblastes se fait en deux étapes. On observe d'abord la diminution du nombre des mitoses, puis leur disparition, les cellules gardant leur pouvoir d'émigration. A des concentrations plus fortes du sel métallique, l'émigration cesse à son tour.

Les actions toxiques peuvent se manifester progressivement, la diminution des mitoses étant graduelle et la zone d'extension cellulaire se réduisant de plus en plus. C'est ce que l'on observe pour le thallium, le manganèse, le magnésium et le strontium.

La présence du sel peut, au contraire, être assez bien tolérée jusqu'à un seuil au delà duquel l'augmentation de la concentration du cation amène la mort des fibroblastes en culture. C'est le cas, d'une manière générale, pour les métaux formant un composé insoluble qui protège la culture (plomb, cuivre, baryum, etc.).

Pour les métaux très peu toxiques, on voit apparaître, aux fortes doses, une dégénérescence graisseuse précoce, qui traduit souvent à elle seule la toxicité du sel employé.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Action d'un rayonnement ultraviolet sur les dissolutions aqueuses de gélatine. Modifications de quelques caractères physico-chimiques. Photolyse probable.* Note de M. **P. Ponthus**, présentée par M. A. Desgrez.

1. D'après Dreyer et Jansen (¹), Rajewski (²), Adolf Spiegel (³), les albumines dissoutes (pseudo-globuline, ovalbumine, sérum-albumine), les milieux protéiniques complexes tels que le sérum sanguin, peuvent sous l'action des radiations U. V. — et suivant les conditions expérimentales (présence ou absence d'électrolytes) — se coaguler ou présenter seulement certaines modifications physico-chimiques, non spécifiées d'ailleurs avec précision par ces auteurs.

Nous nous sommes proposé de rechercher, au moyen de quelques méthodes physico-chimiques, l'action d'un rayonnement U.V. global sur une protéine un peu moins compliquée que les précédentes : la gélatine isoélectrique.

2. *Expériences.* — De la gélatine en poudre, purifiée par la méthode Smith (⁴), est mise en dissolution à 0,25, 0,5, 0,75 pour 100 dans de l'eau distillée. La dissolution, pesée dans un couvercle préalablement taré de boîte de Petri, est placée à $0^m,50$ environ au-dessous d'un brûleur Gallois à courant continu (110 volts, 7 ampères). L'irradiation achevée (elle dure de quelques minutes à 2 heures), on ajoute de l'eau distillée pour compenser l'effet de l'évaporation et pour rétablir exactement le poids initial.

Puis : 1° à la température constante de 19° C. on mesure : l'indice de réfraction n (grand appareil de Féry); la conductibilité électrique spécifique C (pont de Kohlrausch; la densité optique δ (photomètre de Vernes, Bricq et Yvon); la viscosité relative à l'eau η/η_0 (appareil de Beaume) du liquide étudié; 2° on calcule les grandeurs $\eta/\eta_0 - 1$; $\omega = (\eta/\eta_0 - 1) 1/\delta$ sur lesquelles on a, récemment, attiré l'attention (⁵).

On opère, parallèlement, sur la dissolution irradiée et sur une dissolution identique, témoin, non irradiée.

(¹) Dreyer et Jansen, *Comptes rendus*, 145, 1907, p. 234.

(²) Rajewski, *Bioch. Ztschr.*, 227, 1930, p. 272.

(³) Adolf Spiegel, *Wien. Klin. Wochenschr.*, 44, 1931, p. 1621.

(⁴) Smith, *American Chemical Soc.*, 43, 1921, p. 1350.

(⁵) A. Boutaric, *Rev. gén. Sciences pures et appliquées*, 42, 1931, p. 322, et Mlle Gautrot, *Thèse, Pharmacie*, Lyon, 1933.

3. *Résultats.* — 1° D'une part, on n'a jamais constaté de coagulation comme dans les expériences relatées ci-dessus et concernant les albumines.

2° D'autre part, voici dans un tableau, les diverses valeurs trouvées, par exemple, dans l'un de nos nombreux essais.

Solution à 0,5 °/₀	n.	C.10^{-6}.	5.	$\frac{\eta}{\eta_0}$.	$\frac{\eta}{\eta_0}-1$.	$\omega=\left(\frac{\eta}{\eta_0}-1\right)\frac{1}{5}$.
Solution témoin	1,3335	81,3	0,07	1,81	0,81	11,57
Solution irradiée 30m	1,3335	90	0,05	1,57	0,57	11,40
» 60m	1,3335	94,7	0,02	1,21	0,21	10,5

De l'examen de ce tableau découlent nettement les indications suivantes :

Par l'irradiation ultraviolette d'une dissolution de gélatine :

a, l'indice de la réfraction ne varie pas; *b*, la conductibilité électrique augmente; *c*, la densité optique s'affaisse; *d*, la viscosité diminue; *e*, le rapport ω ne varie pas de façon notable (à l'approximation près des mesures).

4. *Interprétations.* — I. En s'appuyant sur les travaux classiques : *a*, de Lord Rayleigh concernant la densité optique des milieux troubles; *b*, d'Einstein, etc., étudiant la viscosité η d'une suspension et η_0 du liquide dispersant, A. Boutaric (¹) a montré que le facteur ω est proportionnel au nombre de granules élémentaires contenus dans un poids de la substance protéique (par exemple 1g à l'état sec) formant un milieu trouble.

Si l'on suppose, pour un instant, que la gélatine irradiée ne subit pas de transformation chimique, on est conduit à admettre que, dans les conditions de ces essais :

1° Les particules de gélatine ni ne s'agrègent ni ne se désagrègent physiquement.

2° Elles subissent, chacune en particulier, une diminution réelle de leur volume élémentaire par une déshydratation probable sous l'influence de l'irradiation subie. On comprendrait facilement dans ce cas : la diminution de la viscosité, de la densité optique du milieu; la diminution de sa résistivité électrique (1/C) par la réduction des dimensions des obstacles (molécules ou micelles) offerts au passage de la lumière, de l'électricité; la constance de l'indice de réfraction, en supposant valable pour la gélatine, la règle approchée de Reiss concernant la réfraction des dissolutions protéiques.

II. On peut, à la vérité, envisager d'autres explications, la suivante par

(¹) A. Boutaric, *loc. cit.*

exemple. Il y aurait *photolyse* de la gélatine : diminution du volume particulaire initial par clivage de la molécule, mise en dissolution de certains groupements chimiques, définis, ainsi libérés. Cela expliquerait aisément la diminution : de la viscosité, de la densité optique, de la résistance électrique du milieu irradié; la constance de l'indice de réfraction provenant vraisemblablement d'un processus adéquat de compensation. S'il existe réellement une semblable photolyse, amenant de véritables changements dans la constitution chimique moléculaire, les modifications structurales de la gélatine devront s'accompagner nécessairement d'une variation des propriétés colligatives de la solution initiale (pression osmotique, point cryoscopique, tonométrique, etc.) et, vraisemblablement aussi, d'une perturbation de ses qualités réactionnelles (pH par exemple).

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Les réactions des échanges respiratoires à l'ingestion de glucose et à l'insuline, chez les diabétiques.* Note [1] de M. **F. Rathery**, Mme **Andrée Plantefol** et M. **Lucien Plantefol**, présentée par M. A. Desgrez.

Dans l'étude physiologique du diabète, la majeure partie des recherches portant sur le métabolisme respiratoire concernent : 1° les échanges du diabétique à jeun, examiné dans les conditions où l'on détermine le métabolisme basal; 2° les échanges consécutifs à l'alimentation complexe plus ou moins riche en glucides constituant le régime même du diabétique. Il nous a semblé qu'il y avait un grand intérêt physiologique et clinique à reprendre actuellement, pour une étude approfondie, la voie ouverte par Achard et Desbouis (1913), Achard et Binet (1922) dans leurs recherches sur l'« exhalation carbonique » consécutive à l'ingestion d'un sucre par les diabétiques à jeun.

Nos recherches ont porté sur 102 cas de diabète. Les malades sont examinés le matin, à jeun depuis 12 heures, leur dernier repas n'ayant pas comporté de viande. Ils sont dans les conditions de repos nécessaires à une détermination de métabolisme basal. On les soumet successivement à deux expériences de 6 minutes environ, donnant la mesure de l'oxygène consommé, du Q. R. et permettant le calcul du métabolisme basal. On leur fait ensuite prendre 50^g de glucose dissous dans 200$^{cm^3}$ d'eau. Au bout de

[1] Séance du 18 avril 1933.

60 minutes environ, pendant lesquelles ils demeurent au repos, on procède à nouveau à deux mesures des échanges respiratoires; elles fournissent, concernant l'oxygène consommé, le Q. R. et le métabolisme, des valeurs directement comparables aux précédentes.

Nous avons d'ailleurs effectué ce type de recherches dans *trois séries de conditions différentes* (et, lorsque nous le pûmes, sur les mêmes sujets, à des dates diverses au cours du traitement) :

1° Examens après un régime alimentaire se rapprochant le mieux possible du régime équilibré, *avant tout traitement insulinique*.

2° Examens consécutifs à un *traitement insulinique* durant depuis un temps suffisant, et pratiqués 24 *ou au moins* 12 *heures après* la dernière injection d'insuline.

3° Examens en cours de *traitement insulinique*, le malade recevant une injection de 20 unités d'insuline *en même temps* qu'il prend 50^{g} de glucose.

Les principaux résultats sont les suivants :

Tandis que, chez le sujet normal, l'ingestion de 50^{g} de glucose détermine simultanément une élévation du Q. R. qui peut atteindre l'unité et une élévation du métabolisme (de 10 à 20 pour 100), les faits rencontrés chez les diabétiques, relativement soit au Q. R., soit au métabolisme, sont très variables avec les cas individuels et les conditions expérimentales.

I. *Quotient respiratoire*. — Les *moyennes* obtenues pour toutes nos expériences, dans les trois séries de conditions énoncées précédemment, sont données par le tableau ci-dessous :

	Sans glucose.	Avec glucose.
1. Avant le traitement insulinique...	0,747	0,748
2. En traitement insulinique........	0,758	0,776
3. »	0,763	0,863 (inj. d'insul.)

L'examen des *cas individuels* montre que *les réactions au glucose sont de plusieurs types*.

a. *L'élévation du Q. R.* est peu fréquente, sauf dans le cas où l'ingestion de glucose est accompagnée d'une injection d'insuline. C'est alors seulement que, partant des valeurs basses caractéristiques du diabète (0,75), on voit, sous l'action du glucose, le Q. R. dépasser 0,85 et parfois remonter jusqu'à l'unité.

b. Pourtant, même après injection d'insuline, certains sujets ne présentent *aucune variation du Q. R.*; ainsi se vérifie, par l'étude des échanges respiratoires, l'existence d'une *insulino-résistance* vraie.

c. L'un des faits les plus frappants est manifesté par un groupe de diabétiques dont le Q. R. de jeûne était très bas (de 0,70 à 0,75). L'ingestion de glucose, en l'absence d'insuline, exagère chez eux *l'abaissement du Q. R.* L'action immédiate de l'insuline empêche cet abaissement supplémentaire ou même relève un peu le Q. R.

II. *Métabolisme.* — Le comportement du métabolisme, après ingestion de glucose, peut être très variable.

a. Il arrive qu'il *s'élève*, montrant qu'il peut y avoir, même chez des diabétiques consomptifs non encore traités à l'insuline, une utilisation nette du glucose. C'est pourtant après injection d'insuline que les augmentations de métabolisme sont maximales.

b. Chez de nombreux malades, le métabolisme *n'est pas modifié* par l'ingestion de glucose, qu'on pratique ou non un traitement insulinique.

c. Enfin, dans nos trois types de conditions expérimentales, un certain nombre de malades ont présenté, après ingestion de glucose, un *abaissement indiscutable du métabolisme*.

Parmi les faits rencontrés au cours de ces recherches, la différence de comportement des diabétiques après ingestion de glucose, est l'un des plus frappants. Il y a, sans doute, *plusieurs types de diabètes*. Tantôt la molécule de glucose est totalement inutilisable; tantôt elle est attaquée par l'organisme diabétique de la même manière que par l'organisme normal, et le Q. R. s'élève; tantôt elle est utilisée dans un métabolisme déterminant un abaissement de quotient dont l'explication est encore hypothétique.

De même, la diminution de métabolisme, qui, dans certains cas, suit l'ingestion de glucose, mérite une analyse toute particulière, car elle semble déceler l'existence, chez ces malades à l'état de jeûne, d'une dilapidation que fait cesser l'ingestion de glucose.

La séance est levée à 15h45m.

E. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1er MAI 1933.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES RICHET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une classe de congruences de droites.* Note de M. JULES DRACH.

Dans une Note récente [1] j'ai formé, en particulier, rapportées aux *caractéristiques* du problème, les équations qui déterminent l'image sphérique des *congruences de droites dont les développables touchent les surfaces focales suivant des lignes géodésiques;* j'indique ici quelques résultats relatifs à ces équations [2]. Pour les notations on pourra se reporter à la première Note.

Il s'agit de l'étude du système (Σ) :

$$\frac{\partial^2\varphi}{\partial u\,\partial v} = -\frac{\partial\varphi}{\partial u}\frac{\partial\psi}{\partial v}(\cos\omega\,\mathrm{tang}\,\varphi + \mathrm{tang}\,\psi), \qquad \frac{\partial^2\psi}{\partial u\,\partial v} = -\frac{\partial\varphi}{\partial u}\frac{\partial\psi}{\partial v}(\cos\omega\,\mathrm{tang}\,\psi + \mathrm{tang}\,\varphi),$$

$$\frac{\partial^2\omega}{\partial u\,\partial v} = \cos\omega\left(\frac{\partial\omega}{\partial u}\,\mathrm{tang}\,\varphi\,\frac{\partial\psi}{\partial v} + \frac{\partial\omega}{\partial v}\,\mathrm{tang}\,\psi\,\frac{\partial\varphi}{\partial u}\right) - \sin\omega\,\frac{\partial\varphi}{\partial u}\frac{\partial\psi}{\partial v}(2\,\mathrm{tang}\,\varphi\,\mathrm{tang}\,\psi\cos\omega - 1),$$

où φ, ψ, ω ont des significations géométriques précises.

Disons, en passant, que l'introduction, au lieu de φ, ψ, ω, des lignes de longueur nulle de la sphère : $d\sigma^2 = 4\,dx\,dy/(x-y)^2$, donne pour x, y deux équations du troisième ordre; la dernière équation disparaît.

a. En général φ, ψ sont deux fonctions *distinctes* des variables u, v; j'étudie

---

[1] *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1057.

[2] M. Gambier m'a signalé que M. Finikoff lui avait communiqué une mise en équations équivalente du problème, trouvée en même temps par le géomètre russe. Dans une Note, qui paraît en ce même *Compte rendu*, il fait lui-même une observation intéressante dont je tire parti, comme on le verra plus loin.

d'abord le cas où les courbes $\varphi = \text{const.}$, $\psi = \text{const.}$ se correspondent, c'est-à-dire où $\psi = \psi(\varphi)$.

Les deux premières équations de (Σ) donnent

$$\cos\omega[\psi' \operatorname{tang}\varphi - \operatorname{tang}\psi] = \frac{\psi''}{\psi'} - \psi' \operatorname{tang}\psi + \operatorname{tang}\varphi,$$

l'accent indiquant une dérivation relative à φ; donc ω est aussi, en général, une fonction de φ, et la dernière équation de (Σ) s'écrit

$$\omega'' = \omega'[\psi'(2\cos\omega \operatorname{tang}\varphi + \operatorname{tang}\psi) + \cos\omega \operatorname{tang}\psi] - \psi' \sin\omega(2\cos\omega \operatorname{tang}\varphi \operatorname{tang}\psi - 1).$$

On a donc, pour déterminer ψ, ω en φ un système de *deux équations du second ordre*, qu'on obtiendrait aisément sous forme rationnelle et symétrique, en regardant, par exemple, $\operatorname{tang}\varphi$ et $\operatorname{tang}\psi$ comme fonctions de $\cos\omega$.

Connaissant ω et ψ en fonction de φ, la première équation de (Σ) exprime qu'une certaine fonction $\Omega(\varphi)$, définie par $\Omega'' = \Omega'\psi'(\cos\omega \operatorname{tang}\varphi + \operatorname{tang}\psi)$ se réduit à $U + V$, ou plus simplement à $(u + v)$. On peut aussi, en posant $u + v = \alpha$, regarder φ comme une fonction de α et obtenir α en φ par la quadrature

$$\frac{d\alpha}{d\varphi} = \int \psi'(\cos\omega \operatorname{tang}\varphi + \operatorname{tang}\psi)\, d\varphi.$$

Je fais maintenant appel à la remarque de M. Gambier : si l'on pose $\beta = u - v$ dans le $d\sigma^2$ de la sphère $e\,du^2 + 2f\,du\,dv + g\,dv^2$, e, f, g ne dépendent que de α; en mettant en évidence les trajectoires orthogonales des lignes $\alpha = \text{const.}$, on obtient

$$4\,d\sigma^2 = \frac{4(eg - f^2)}{e + g - 2f}\,d\alpha^2 + (e + g - 2f)\left[d\beta + \frac{e - g}{e + g - 2f}\,d\alpha\right]^2,$$

ce qui permet d'identifier avec la forme $du_1^2 + U_1^2\,dv_1^2$ qui convient à la sphère, c'est-à-dire avec $du_1^2 + \sin^2 u_1\,dv_1^2$, rapportée aux méridiens $v_1 = \text{const.}$ et aux parallèles $u_1 = \text{const.}$ On aura donc

$$du_1 = \sqrt{\frac{eg - f^2}{e + g - 2f}}\,d\alpha, \qquad 2a\,dv_1 = d\beta + \frac{(e - g)}{e + g - 2f}\,d\alpha$$

et

$$\sqrt{e + g - 2f} = 2a \sin u_1;$$

a désignant une constante arbitraire. Je déduis de là, en différentiant la dernière équation et tenant compte de la première,

$$\frac{\dfrac{\partial e}{\partial\alpha} + \dfrac{\partial g}{\partial\alpha} - 2\dfrac{\partial f}{\partial\alpha}}{2\sqrt{eg - f^2}} = 2a \cos u_1.$$

On a donc aussi

$$\frac{\left(\frac{\partial e}{\partial \alpha}+\frac{\partial g}{\partial \alpha}-2\frac{\partial f}{\partial \alpha}\right)^2}{(4eg-f^2)}+(e+g-2f)=4a^2$$

et, tenu compte de

$$d\sigma^2=\left(\frac{d\varphi}{d\alpha}\right)^2[du^2+\psi'^2\,dv^2+2\psi'\cos\omega\,du\,dv],$$

ceci donne *explicitement* $d\varphi/d\alpha$ au moyen de φ, ψ, ω. *La quadrature indiquée plus haut pour obtenir* $d\alpha/d\varphi$ *est donc faite;* il suffira de faire celle qui donne α en φ.

On obtient en outre

$$\operatorname{tang} u_1=\frac{\sqrt{1+\psi'^2-2\psi'\cos\omega}}{\omega'-\sin\omega[\psi'\operatorname{tang}\varphi+\operatorname{tang}\psi]}$$

avec aussi l'expression explicite de $du_1/d\varphi$. La première équation donne donc explicitement u_1 en φ, sans quadrature. On a, par suite, *puisque les coordonnées du point de la sphère sont connues en* u_1 *et* v_1, leur expression explicite en α, β avec seulement *deux quadratures* : celle qui donne α en φ et celle qui intervient dans v_1.

Il restera à intégrer l'équation de Laplace en ρ, dont les coefficients ne dépendent que de α; c'est un type déjà étudié.

b. L'équation qui donne $\cos\omega$ peut disparaître : il faut et suffit pour cela que l'on ait : $\sin\psi=k\sin\varphi$, k constant; c'est la *relation de Descartes*, qui comporte les cas singuliers $\psi=\pm\varphi$. On a dans ce cas deux équations *aux dérivées partielles* du second ordre pour φ et ω, qui sont en général indépendants. Si l'on veut que ω dépende de φ seul, il est déterminé par une équation différentielle ordinaire *du second ordre* : celle qui a été écrite plus haut, où l'on fait $\sin\psi=k\sin\varphi$.

Les observations du paragraphe *a* s'appliquent également ici.

c. L'examen du cas où la congruence étudiée est de Ribaucour, ce qui exige $\partial H/\partial u=\partial K/\partial v$, donne immédiatement les hypothèses

$$\sin\psi=e^{u+v}\sin\varphi,\qquad \sin\psi=e^{u}\sin\varphi\qquad\text{et}\qquad \sin\psi=k\sin\varphi.$$

Les deux premières sont à écarter; la dernière, avec les cas singuliers $\varphi=\pm\psi$, a été signalée au paragraphe précédent.

Lorsque $\varphi=\psi$, et qu'on suppose *en outre* ω fonction de φ, tout dépend de l'équation *du second ordre*,

$$\omega''=\omega'\operatorname{tang}\varphi(1+3\cos\omega)+\sin\omega(1-2\cos\omega\operatorname{tang}^2\varphi)$$

qui s'écrit aisément sous forme rationnelle, mais que je n'ai pas encore pu réduire. La fonction ρ dépend d'une *équation harmonique spéciale* [avec une fonction de $(u+v)$ seulement].

Dans le cas général de la congruence de Ribaucour, on peut présenter la question autrement : la surface moyenne de la congruence est définie par

$$\frac{\partial \xi}{\partial u} = X\frac{\partial R}{\partial u} - R\frac{\partial X}{\partial u}, \qquad \frac{\partial \xi}{\partial v} = -\left(X\frac{\partial R}{\partial v} - R\frac{\partial X}{\partial v}\right),$$

X, Y, Z, R désignant quatre solutions de (L) : $\partial^2 X/\partial u\,\partial v = mX$; on a pour les surfaces focales

$$x_1 = \xi + RX, \quad \ldots, \quad x_2 = \xi - RX, \quad \ldots,$$

et si l'on pose $X^2 + Y^2 + Z^2 = \lambda^2$, les équations peuvent s'écrire sous la forme (indépendante de R)

$$(1) \qquad \mathrm{S}\left(\frac{\partial X}{\partial v}\right)^2 = \mathrm{S}\left(Y\frac{\partial Z}{\partial v} - Z\frac{\partial Y}{\partial v}\right)^2,$$

avec la condition (2) symétrique en u. On peut aussi, puisque

$$m = \frac{1}{\lambda}\frac{\partial^2 \lambda}{\partial u\,\partial v} - \cos\omega\,\frac{\partial \varphi}{\partial u}\,\frac{\partial \psi}{\partial v},$$

écrire

$$\lambda = \frac{1}{\sin\varphi} = \frac{k}{\sin\psi}$$

et former les relations entre λ et m.

Une méthode de résolution consiste enfin à prendre les équations de Laplace (L) dont la solution est *explicite* et à étudier les équations fonctionnelles (1) et (2); le cas $m = 0$ peut être traité.

Les développements des calculs paraîtront ailleurs.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le vieillissement après trempe des alliages aluminium-glucinium.* Note de MM. **C. Matignon** et **J. Calvet**.

Les alliages aluminium-glucinium ont déjà fait l'objet d'études effectuées d'abord par Kroll [1] et ensuite par Archer et Fink (*Proc. of the Institute of Metals*, 1928, *p.* 616). Le premier a reconnu qu'un alliage à 1 pour 100 de glucinium durcissait après trempe par un revenu à 170°. Archer et Fink

(1) Kroll, *Metal und Erz*, 23, 1926, p. 613.

ont examiné à l'état fondu les alliages à petite teneur en glucinium (0,75 à 0,013 pour 100) et après laminage les alliages à très faible teneur (0,075 à 0,013 pour 100).

Nous nous sommes proposé d'entreprendre une étude de ces alliages préparés à l'état aussi pur que possible. A cet effet, nous avons employé comme matière première l'aluminium extra-pur du procédé Hoopes [1] et les opérations ont été conduites dans des conditions telles qu'aucune impureté étrangère n'intervienne dans le produit final au cours de la préparation. La fusion est réalisée dans des fours électriques à vide avec des creusets en alumine pure. Un premier alliage mère est obtenu à la température de fusion du glucinium (four à résistance de molybdène), les alliages définitifs à température plus basse (four à résistance de nichrome).

Nous donnons les résultats de nos premières recherches. Dans le but d'effectuer des comparaisons, on a également préparé un premier alliage à partir de l'aluminium pur commercial et un second en se plaçant dans les conditions des chimistes américains, c'est-à-dire en opérant à l'air dans un creuset en graphite Acheson, conditions qui introduisent du carbone dans l'alliage et soumettent ce dernier à l'action des gaz du four.

Voici la composition de quatre alliages soumis à nos essais :

	Gl.	Si.	Fe.	Cu.
I	0,83	tr.	tr.	tr.
II	0,77	0,11	0,14	tr.
III	1,23	tr.	tr.	tr.
IV	3,50	tr.	tr.	tr.

L'alliage II a été préparé avec l'aluminium du commerce et fondu sous vide dans un creuset d'alumine, l'alliage IV correspond aux conditions américaines de préparation.

Tous ces alliages ont été coulés en plaques dans une lingotière de cuivre assurant un refroidissement rapide du métal. Les plaques d'une épaisseur de 10^{mm} ont été ensuite laminées à froid sans aucun recuit intermédiaire jusqu'à une épaisseur de 1^{mm},5, cette réduction de section a été réalisée très lentement par une cinquantaine de passes.

Nous avons mesuré la dureté Brinell de ces différents alliages après un recuit à 628° suivi d'une trempe à l'eau froide. On a opéré avec une bille de 2^{mm},5 de diamètre pour une charge de 15^{kg} et une durée d'application de la charge de 30 secondes.

---

(1) Composition : Fe 0,01 pour 100, Si 0,005 pour 100, Cu 0,024 pour 100.

Voici les résultats obtenus :

Alliage I recuit 20 heures à 628°, trempé à l'eau.

Temps après trempe.	Δ.	Augmentation pour 100 de Δ.
h m s 0. 1.10	25,4	–
2.45	26,6	4,7
5.10	27,9	9,8
8	30,7	20,8
11.15	33,2	30,7
14	34,5	35,8
20	35,9	40,9
52	40,5	59,4
3. 6	42,5	67,3
19	40,3	58,6
52	39,3	54,7
60 jours	38,8	52,6

Alliage II recuit 21 heures à 628°, trempé à l'eau.

Temps après trempe.	Δ.	Augmentation pour 100 de Δ.
h m s 0. 0.54	28,8	–
2.50	29,4	2,1
4.40	29,4	2,1
11.10	38,2	32,6
15.20	41,8	45,1
32	42,2	46,5
51	44	52,7
1.22	42,7	48,2
3. 6	45,7	58,6
18	42,7	48,2
50	43,1	49,6
60 jours	42,2	46,5

Alliage III recuit 16 heures à 628°, trempé à l'eau.

Temps après trempe.	Δ.	Augmentation pour 100 de Δ.
h m s 0. 0.25	25	–
1.10	26,3	5,2
2	26,5	6
3.25	26,6	6,4
6.30	26,9	7,6
13.45	31,8	27,2
21	33,7	34,8
31	34,8	39,2
41	34,2	36,8
1.26	35,9	43,6
3.30	37,4	49,6
6	38,2	52,8
23	37,4	49,6
55	34,2	48,8
60 jours	38,2	52,8

Alliage IV recuit 14 h. 30 min. à 628°, trempé à l'eau.

Temps après trempe.	Δ.	Augmentation pour 100 de Δ.
h m s 0. 1.10	24,6	–
2.30	27,2	10,5
5.15	26,9	9,3
10.10	32,6	32'5
17	32,8	33,3
1	34,5	40,2
2	37,4	52
60 jours	38,8	57,7

Nous retrouvons ici une transformation s'effectuant à la température ordinaire avec augmentation de la dureté, transformation déjà signalée par MM. Archer et Fink dans le cas des alliages à faible teneur en glucinium.

Mais, ce qui est extrêmement frappant dans nos résultats, c'est la rapi-

dité du vieillissement qui, en moins de 10 minutes à la température ordinaire, atteint plus de 50 pour 100 de la transformation totale, laquelle est pratiquement terminée après une durée de 2 ou 3 heures.

Le passage de la teneur en glucinium de 0,83 à 1,23 pour 100 dans les alliages I et III n'apporte pas de modification sensible ni dans la dureté, ni dans sa variation après trempe.

Voici un exemple de la variation des autres propriétés mécaniques : limite élastique apparente, résistance, allongement, en fonction du temps après trempe; les déterminations sont effectuées sur des éprouvettes de 12^{mm^2} de section avec un dynamomètre Voisenet.

	Alliage I recuit $2^h 50^m$ à 628°, trempe à l'eau		Alliage III recuit $2^h 50^m$ à 628°, trempe à l'eau		Alliage IV recuit $3^h 10^m$ à 628°, trempe à l'eau	
	3 min. après trempe.	54 heures. après trempe.	3 min. après trempe.	54 heures. après trempe.	3 min. après trempe.	54 heures. après trempe.
Limite élastique..	2,88	7,56	2,78	7,78	4,37	8,41
Résistance.......	9,79	12,09	10,41	12,20	10,86	12,74
Allongement.....	33,9	28,6	32,2	29,8	29,6	25

Tandis que, pour l'alliage n° 3 par exemple la résistance à la rupture n'augmente que de 17 pour 100 pendant le vieillissement, alors que l'allongement diminue de 7,4 pour 100, la limite élastique, fait très intéressant, s'améliore dans une proportion allant jusqu'à 17,9 pour 100.

On a recherché à partir de quelle température s'arrête l'évolution après trempe de ces alliages. Dans ce but, sept échantillons de l'alliage II ont été recuits pendant 3 heures à 628° puis trempés à l'eau. On a laissé vieillir l'un d'eux immédiatement à la température ambiante, les six autres ont été plongés aussitôt dans divers mélanges réfrigérants. Ils en ont été sortis après 3 heures, plongés de nouveau dans l'eau à la température de la pièce et abandonnés au vieillissement à cette même température. Le tableau ci-après (p. 1260) indique la variation de la dureté en fonction du temps à partir du moment où l'alliage a repris la température ordinaire.

La transformation s'arrête aux températures inférieures à — 30°.

En résumé, les alliages aluminium-glucinium étudiés subissent après trempe un vieillissement très rapide à la température ordinaire : il atteint en 10 minutes environ 50 pour 100 de la transformation. Après ce vieillissement les propriétés mécaniques comparées à celles de l'aluminium générateur sont ainsi modifiées, la résistance augmente environ de 4 à 12,

l'allongement est à peine diminué alors que la limite élastique et la dureté sont considérablement améliorées (E de 2 à 8, Δ de 13 à 38,5).

	Vieilli immédiat. à la température ambiante.	3 heures température de l'air liquide.	3 heures à				
			— 90°.	— 31°.	— 20°.	— 10°.	0°.
h m s	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
0. 0.45......	28,6	–	–	–	–	–	–
0. 0.55......	–	–	27,5	–	–	41,4	–
0. 1.........	–	28,2	–	28,6	32,4	–	47,8
0. 4.........	31,3	30,5	28,6	33	37,4	44,3	47,8
0.10.........	36,7	33	31,5	38,8	40,5	–	–
0.20.........	–	39,1	34,5	45,5	42,7	–	–
0.21.........	–	–	–	–	–	–	47,5
0.30.........	–	–	..	–	–	45,7	–
0.32.........	43,1	–	–	–	–	–	–
0.40.........	–	42,7	39,6	44,9	44,3	–	49,3
0.53.........	–	43,6	–	–	–	–	–
1............	43,1	–	–	44,9	–	–	–
1.03.........	–	–	40,3	–	–	–	–
1.10.........	–	–	–	–	44,9	–	–
1.15.........	–	–	–	–	–	–	48,4
1.20.........	–	–	–	–	–	47,8	–
3............	45,2	–	–	–	–	–	–
14...........	–	44	42,2	–	–	–	–
17...........	45,2	–	–	46	45,7	–	–
21...........	–	–	–	–	–	46	–
41...........	–	44,3	42,2	–	–	–	–
44...........	46,3	–	–	–	–	–	–
23 jours.......	44	43,4	42,5	43,4	46	45,7	49,3

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Remarques sur la présence d'un appareil centrosomique chez les espèces du genre* Lonicera. Note de M. P.-A. DANGEARD.

M. Feng, élève de mon laboratoire, a publié récemment un Mémoire dans lequel il signale l'existence de centrosomes chez les *Lonicera*; il a même constaté la présence d'asters autour de ces centrosomes dans le *L. alpigena* (1).

(1) FENG. *Le Botaniste*, 24, 1933, p. 335, pl. XXX.

Or on sait que la question de l'existence de ces formations chez les végétaux supérieurs, un instant controversée, a été résolue finalement par la négative.

Il est donc naturel que la découverte de M. Feng suscite tout d'abord un certain scepticisme parmi les cytologistes, alors même qu'elle ne vise pour l'instant qu'un cas particulier et une concordance de structure très nette.

Mais cette découverte, même ainsi limitée pour l'instant, soulève déjà une foule de problèmes complexes relativement aux conditions dans lesquelles s'effectue la division du noyau chez tous les êtres vivants.

Or il est fréquent qu'une découverte provoque presque immédiatement une réaction adverse et c'est très heureux : il est préférable pour l'auteur que ses conclusions rencontrent au début une certaine résistance : un acquiescement trop rapide et trop général ne permet pas toujours de distinguer facilement celui qui le premier a vu les faits, de ceux dont le rôle n'a été que de les vérifier.

Les résultats de M. Feng auront cette heureuse chance d'avoir été l'objet, à peine formulés, d'un essai de réfutation (1).

C'est la raison qui me décide à témoigner de l'exactitude des observations faites par M. Feng sous ma direction : les ayant controlées jour par jour, je leur apporte ici mon entière adhésion et je suis même autorisé à ajouter que M. Feng a réussi tout récemment à mettre en évidence un centrosome bien caractérisé, au voisinage du noyau, dans chacun des deux gamètes de l'anthéridie du boyau pollinique du *Lonicera alpigena*.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'immunité de la Canne* POJ 2878 *est-elle absolue ?* Note de M. J. **Costantin**.

Parmi les Cannes récemment obtenues à Java, la variété POJ 2878 tient le premier rang; la preuve découle de la surface plantée avec elle dans cette île, puisqu'elle y correspond à 90 pour 100 de l'ensemble des cultures des plantes sucrières à l'heure actuelle. Les anciens hybrides qui ont eu le plus de renommée antérieurement, comme DI 52 et EK 28, n'ont jamais eu un aussi grand succès; cela tient à la manière dont le nouvel hybride a été obtenu. La technique suivie pour cela par M. Jeswiet, chef de service

(1) A. Eichhorn, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1230.

de l'hybridation à l'Institut du sucre, est extrêmement intéressante à rappeler ([1]).

Dans les deux premiers hybrides obtenus, les Cannes parentes étaient des types nobles, par conséquent extrêmement sensibles Séreh. Leur obtention ne pouvait pas résoudre le difficile problème posé par cette maladie. Il a donc été nécessaire, après la création de DI 52 en 1903 par Stok et après celle de EK 28 en 1911 par Venstiegh, de maintenir l'emploi des pépinières alpestres; cette nécessité est devenue tout à fait manifeste, en 1925, après les recherches de M. Kuijper qui montra les graves dangers auxquels les planteurs étaient exposés en ayant recours uniquement aux boutures de plaine à la place des boutures montagnardes.

Après beaucoup de mécomptes et d'échecs, on a enfin compris qu'il fallait infuser dans le croisement une sève montagnarde d'un individu sauvage résistant à la maladie, pour obtenir dans l'hybride une certaine résistance au Séreh. M. Jeswiet choisit pour cela *Kassoer n° 2* résultant [soit spontanément (n° 1), soit artificiellement (n° 2)] de la combinaison suivante : *Saccharum spontaneum* × *Chéribon* (Canne noble). Avec *Kassoer n°* 2, on a fait un autre croisement : *Kassoer n°* 2 × POJ 100 qui a donné POJ 2364. Enfin, POJ 2878 est résulté d'une dernière hybridation :

POJ 2364 × EK 28 = POJ 2878.

On voit, d'après cela, l'extrême complexité de ce dernier hybride et combien l'influence montagnarde de *Saccharum spontaneum* y a été mesurée au compte-goutte. Si l'on avait trop de sève sauvage et alpestre, le produit n'avait presque plus de sucre; trop de sève noble, la résistance au Séreh disparaissait.

Un agronome français, M. Cayla, qui vient de faire un long séjour à Java à une date récente (1928-1929) ([2]), a pu étudier avec une grande précision la valeur de POJ 2878 au point de vue pathologique et agronomique. Ses conclusions me paraissent un peu surprenantes. Il n'hésite pas à dire, d'après ses très nombreuses observations, que son *immunité vis-à-vis du Séreh est absolue;* il a parcouru, en effet, pendant deux années des centaines d'hectares plantés avec cette variété, il n'a *pas observé un seul cas* de dégénérescence (Séreh); cependant toutes les cultures qu'il a visitées venaient de boutures récoltées en plaine. S'il a été nécessaire pour fabriquer POJ 2878 de recourir à une sève montagnarde, actuellement, d'après l'auteur, le planteur n'a plus besoin de se ruiner en achetant des boutures

([1]) *Planter and Sugar Manufacturer*, 80, v, 1928, p. 81, et *Recueil des travaux botaniques néerlandais*, 28 A, 1928, p. 185.

([2]) Victor Cayla, *Agronomie coloniale*, 22, n° 183, mars 1933, p. 82.

élevées en haute altitude qui lui coûtaient si cher ([1]). On peut donc dire que la cure d'altitude désormais inutile est périmée.

Grâce à M. Cayla, nous savons maintenant que c'est vers 1918 ou 1919 que POJ 2878 a été obtenu. Après une longue étude au laboratoire d'abord, puis dans les champs d'expériences, enfin dans les terrains de grande culture et cela en divers points de l'île ([2]), il a été successivement éprouvé; en 1925 seulement ce type nouveau a été introduit dans la pratique.

De ces dates, il découle donc que lorsque M. Lyon, agronome américain, vint visiter les plantations de Java, c'est POJ 2878 qui était en expérimentation. Il constata avec surprise que la préparation des boutures alpestres se faisait en trois étapes, à trois altitudes différentes (à 1800^m, puis à 750^m, puis à 300^m) avant qu'elles ne soient envoyées dans la plaine. Il a publié alors qu'on admettait parmi les planteurs que l'immunité en plaine pouvait durer *six années* ou un peu plus.

Puisque le nouvel hybride est entré dans la pratique agricole en 1925, son immunité si remarquable est près de toucher à sa fin.

En 1928, M. Jeswiet, l'obtenteur de cette précieuse nouveauté, disait modestement qu'elle est douée d'une *immunité commerciale;* il ne parlait, en aucune façon de résistance absolue. J'ai dit antérieurement ([3]) que si la maladie était radicalement vaincue ce serait « une grande découverte » : ce serait, en effet, la preuve expérimentale et définitive du Lamarckisme. Je crois que la science n'en est pas encore là et j'ai recommandé aux praticiens d'être prudents et de ne pas se hâter de renoncer totalement à la cure d'altitude.

Deux faits mentionnés dans le travail de M. Cayla montrent bien que j'ai eu raison.

Il dit d'abord que les Hollandais envisagent que « si, par malheur avec le temps, POJ 2878 perdait son immunité aux maladies actuelles », il serait prudent de chercher une forme de remplacement. Ce n'est pas une parole en l'air, car si leurs craintes sont fondées, ils l'ont trouvée dans POJ 3250, au sujet duquel, ajoute-t-il, tout le monde est aujourd'hui « d'une discrétion absolue ».

Il remarque, en second lieu, que la fécondation en montagne reste toujours de première utilité pour l'obtention de nouveaux hybrides. A ce propos, il mentionne que les génétistes actuels de l'Institut du sucre insistent sur la nécessité de faire des croisements à une certaine altitude; Pasœrœan, où se trouve ce célèbre établissement, n'est qu'à quelques mètres au-dessus du niveau de la mer; il ne convient donc pas

---

([1]) En 1925 encore, on a acheté 40 *millions de francs* de boutures alpestres pour les cultures de plaine.

([2]) 257 essais préliminaires, presque tous favorables (Jeswiet).

([3]) J. COSTANTIN, *Agronome coloniale*, 21, n° 176, 1932, p. 48.

pour l'opération. Pourquoi prendre une telle précaution ? Comme on n'a pas donné d'explication à M. Cayla, il ne sait pas s'il y en a une. Je n'hésite pas à croire qu'il faut que le père de l'hybride soit une plante montagnarde parce que c'est seulement ainsi que sa résistance peut être sérieuse, puisque l'altitude crée la résistance.

Le fait qu'on a pu envisager comme possible la réalisation d'une immunité absolue montre quel progrès considérable a été obtenu par la pratique agricole à Java. Si l'on venait annoncer demain qu'il existe une variété ou un hybride de Blé apte à être regardé comme absolument débarrassé de rouille, même si ce n'était que pendant six années, cette découverte serait le point de départ d'une ère agricole nouvelle.

La connaissance complète des propriétés de POJ 2878 intéresse tous les cultivateurs de Canne à sucre, et notamment toutes les colonies françaises où les plantations de Canne peuvent réussir. Les chiffres donnés dans le Mémoire de M. Cayla ont un caractère sérieux indiscutable. Les rendements qu'il mentionne ne sont pas des évaluations faites d'après quelques lots, mais d'après des récoltes effectives. Le tonnage en sucre à l'hectare est en moyenne de 16 tonnes; en terrains médiocres, de 12 à 14; dans des conditions exceptionnellement favorables, de 24 tonnes.

D'après M. Kopp, la Réunion possède aujourd'hui partout POJ 2878 et d'autres variétés analogues; c'est de bon augure pour la rénovation de nos possessions d'outre-mer.

CHIMIE ORGANIQUE ET BIOLOGIQUE. — *Rôle de l'acide allantoïque chez les végétaux supérieurs* (¹). Note de MM. **R. Fosse**, **P. de Graeve** et **P.-E. Thomas**.

I. L'origine urique de l'acide allantoïque et le mécanisme de sa formation sont, pour ainsi dire, inscrits dans les graines. A l'état de vie ralentie, une foule d'entre elles contiennent l'acide urique, accompagné ou non d'allantoïne, d'acide allantoïque, d'uricase et d'allantoïnase. Beaucoup renferment simultanément tous ces uréides et tous ces ferments, étroitement liés entre eux par la relation :

$$\text{acide urique} \xrightarrow{\text{uricase}} \text{allantoïne} \xrightarrow{\text{allantoïnase}} \text{acide allantoïque.}$$

(¹) Voir R. Fosse, P. de Graeve et P.-E. Thomas, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 883.

Distribution de ces uréides et ferments dans quelques graines.

Noms.	Acide urique (*).	Uricase.	Allantoïne (*).	Allantoïnase.	Acide allantoïque (*).
Acer pseudoplatanus....	0,054	+	0,096	+	0,054
Cicer arietinum........	–	+	+	+	–
Faba vulgaris..........	0,300	+	–	+	–
Genista scoparia........	0,045	+	0,065	+	trace
Hordeum vulgare.......	–	–	+	–	–
Lathyrus latifolius.....	–	+	0,14	+	0,302
Lupinus albus..........	0,048	–	0,056	+	–
Melilotus officinalis.....	0,250	+	0,08	+	–
Phaseolus vulgaris......	–	+	+	+	+
Pisum sativum.........	–	+	+	+	+
Soja hispida............	0,03	+	0,05	+	0,06
Triticum sativum.......	0,078	–	0,196	–	0,04
Trifolium sativum :					
Trèfle violet..........	0,266	+	0,07	+	0,107
Trèfle incarnat........	0,06	+	0,1	+	trace
Vicia sativa............	0,031	+	0,38	+	–
Zea mays..............	–	+	+	–	–
Urtica dioica..........	trace	–	0,09	–	0,314

(*) En grammes par kilogramme de plante sèche.

L'acide urique, lui-même, dérive, chez les végétaux comme chez les animaux, des nucléines, d'après le mécanisme bien connu :

$$\text{nucléines} \xrightarrow{\text{nucléases}} \text{purines} \xrightarrow{\text{purinoxydases}} \text{acide urique.}$$

2. Le rôle physiologique de substance uréogène que possède l'acide allantoïque découle de sa faculté de libérer avec une extrême facilité, ses composants, l'urée et l'acide glyoxylique, par hydrolyse, sans qu'il soit nécessaire de recourir à une action diastasique. La réaction :

$$COOH.CH\left\langle\begin{matrix}NH.CO.NH^2\\NH.CO.NH^2\end{matrix}\right. + 2H^2O = COOH.CH(OH)^2 + 2NH^2.CO.NH^2$$

se produit en milieu acide des plus faibles.

Tandis qu'à pH = 7,3 l'acide allantoïque reste inaltéré, après 5 jours à la température ordinaire, à pH = 6,8, dans les mêmes conditions, l'acide glyoxylique fait déjà son apparition.

La transformation quantitative de l'acide allantoïque en urée et acide glyoxylique est le principe des méthodes d'analyses biochimiques que nous

utilisons depuis plusieurs années pour caractériser et doser l'acide allantoïque, l'allantoïne et l'acide urique.

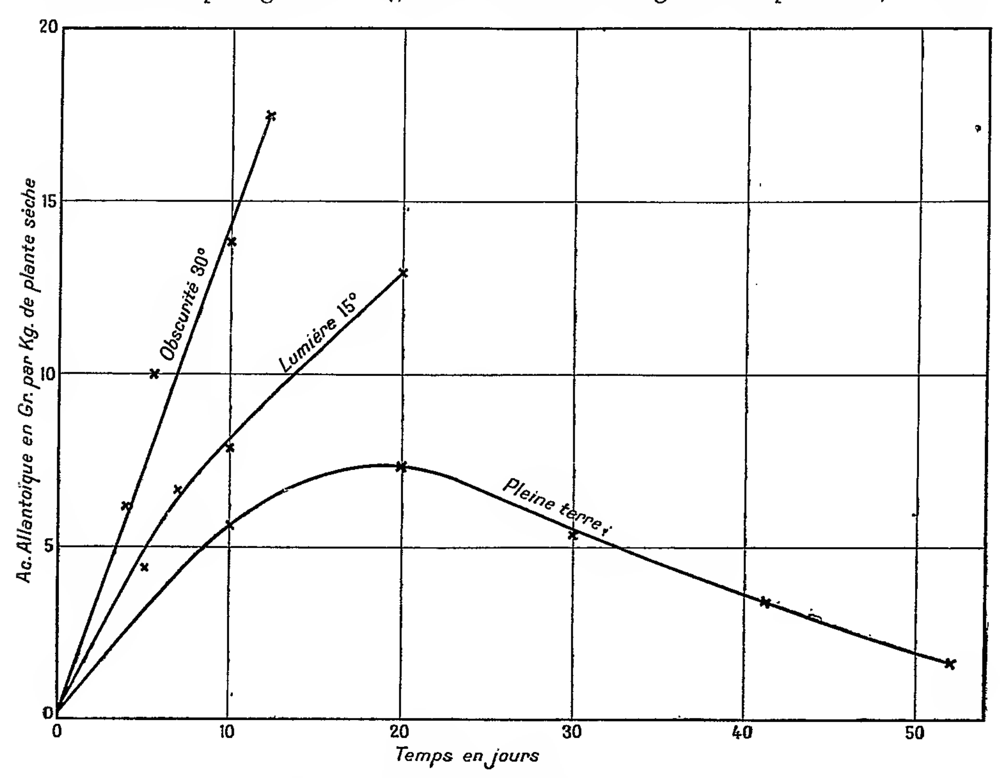
3. Le métabolisme de l'azote d'origine urique atteint sa dernière étape, grâce à un autre ferment, l'uréase, fort répandu chez les végétaux, où il accompagne couramment l'uricase et surtout l'allantoïnase.

En hydratant l'urée, non directement assimilable par la plante,

$$CO\begin{matrix}\diagup NH^2\\ \diagdown NH^2\end{matrix} \xrightarrow[\text{uréase}]{H^2O} CO^2 + 2NH^3,$$

l'uréase lui procure l'ammoniaque qui lui est absolument indispensable pour réaliser la synthèse de ses protides et concourt ainsi au même but que les nombreux ferments désaminants des acides aminés, issus des albuminoïdes.

Comme l'asparagine ou la glutamine chez les végétaux supérieurs, comme



Germination de *Trifolium sativum* (Trèfle violet).

l'urée chez les champignons (N.-N. Iwanoff), l'acide allantoïque peut s'accumuler dans la plantule en quantités notables, mais cependant moins importantes que dans les cas de l'asparagine et de l'urée.

Si l'on place en germination aseptique, à l'obscurité, à 31°, des graines de *Trifolium sativum* (variété trèfle violet), l'acide allantoïque croît avec rapidité et atteint $17^g,4$ par kilogramme de plante sèche après 12 jours. Le rapport de l'azote allantoïque à 100 parties d'azote total s'élève à 8,8.

La même graine, mise en germination à la lumière, sur l'eau, à la température ordinaire, produit encore $12^g,9$ d'acide allantoïque par kilogramme de plante sèche, après 20 jours.

Enfin, dans des cultures de trèfle violet, dans la terre, que nous devons à M. Guillaumin, la teneur en acide allantoïque s'élève à $7^g,25$ après 20 jours et le rapport de l'azote allantoïque à 100 parties d'azote total égale 2,83. Puis l'acide allantoïque va en décroissant très lentement ainsi que le montrent les graphiques.

M. **d'Ocagne** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée *Les Sciences en France depuis* 1870, reproduction d'un chapitre de l'*Histoire de la troisième République*, publiée à la Librairie de France par M. Jean Heritier. Ce chapitre a été écrit en collaboration avec MM. Henry Volkringer et Marcel Roubault, à qui M. d'Ocagne avait confié respectivement les parties relatives aux sciences physiques d'une part, aux sciences naturelles et biologiques de l'autre, alors que lui-même, ayant établi le programme d'ensemble du chapitre, s'y était réservé tout ce qui concerne les sciences mathématiques, y compris les diverses branches de la mécanique et de l'astronomie.

M. **P.-A. Dangeard** fait hommage à l'Académie du fascicule I-VI (série XXIV), 1932, du *Botaniste*.

NOMINATIONS.

MM. **E. Fichot** et **J.-B. Charcot** sont désignés pour représenter l'Académie à la commémoration du *bicentenaire* de la naissance du *chevalier de Borda*, à Dax, les 3, 4 et 5 juin 1933.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre du Commerce et de l'Industrie** invite l'Académie à désigner un de ses membres qui occupera, dans le *Comité supérieur de normalisation*, la place vacante par le décès de M. *A. Mesnager*.

M. **Émile Jouguet** est désigné.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° F.-J. Duarte. *Nouvelles Tables logarithmiques à 36 décimales*.

2° Raoul Combes. *Histoire de la Biologie végétale en France*. (Présenté par M. M. Molliard.)

3° *Physique moléculaire. Matière et Énergie*, par Victor Henri. (Présenté par M. J. Perrin.)

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Représentation des répartitions unimodales, unilatéralement limitées*. Note (¹) de M. **E.-J. Gumbel**, transmise par M. Émile Borel.

Soient une variable positive x et une répartition $w(x)$ ayant un maximum et un seul pour $x = \xi$. On peut représenter cette répartition en la considérant comme une partie d'une distribution de Gauss si l'on pose

$$w(x) = \frac{2}{1 + \Phi(u)} \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-t^2}, \tag{1}$$

où

$$t = h(x - \xi), \tag{2}$$

$$u = h\xi, \tag{3}$$

et Φ est l'intégrale de Gauss, expression qui satisfait à la condition de normalisation.

S'il est important pour le calcul des constantes de conserver la position ξ

(¹) Séance du 24 avril 1933.

du maximum, on calculera la valeur moyenne $\bar{x}$ par

$$\frac{\bar{x}}{\xi} = 1 + \frac{e^{-u^2}}{u\sqrt{\pi}[1+\Phi(u)]}, \tag{4}$$

où u ne peut varier qu'entre zéro et environ 3.

En calculant d'avance le second membre pour des valeurs arbitrairement choisies de u, on peut interpoler pour des valeurs observées du premier membre la valeur de u, ce qui donne h d'après (3). Cette méthode de calcul des deux constantes conserve la valeur la plus probable et la moyenne arithmétique.

Dans un calcul plus systématique on emploiera la méthode des moments qui exige la conservation des moyennes arithmétiques de la variable et de son carré. En introduisant le coefficient de variation v, on obtient

$$1 + v^2 = \frac{1}{2u^2}\left(\frac{\xi}{\bar{x}}\right)^2 + \frac{\xi}{\bar{x}}, \tag{5}$$

où le premier membre est une valeur numérique calculée d'après les observations et le second ne dépend que de u. On calcule d'abord les valeurs du second membre pour des u arbitrairement choisis et l'on interpole ensuite pour obtenir la valeur de u correspondant à une valeur observée de v, d'où l'on tire la valeur de ξ par (4) et la valeur de h par (3). Si $u = 0$, c'est-à-dire $\xi = 0$, on obtient tout simplement la partie droite de la répartition de Gauss. Si $u \approx 3$ la répartition ne diffère pas sensiblement de la répartition de Gauss. Cette méthode de déterminer les constantes est plus systématique que la première, mais elle ne peut être appliquée qu'à condition que

$$1 + v^2 < \frac{\pi}{2}.$$

Les valeurs théoriques de toute répartition, qui peut être représentée par ces méthodes, peuvent être calculées une fois pour toutes par les tables de e^{-t^2} et les aires correspondant aux différents intervalles par les tables de la fonction de Gauss. La transformation (2) donnera les valeurs correspondantes de la variable. En outre la méthode a l'avantage que les répartitions peuvent être caractérisées par les valeurs numériques des constantes qui seront tout simplement la valeur normale et la valeur absolue de l'erreur moyenne calculée pour cette valeur normale.

On peut étendre cette méthode à une répartition unilatéralement limitée et unimodale par une simple transformation linéaire de la variable.

ALGÈBRE. — *Sur quelques propriétés de la fonction caractéristique de Hilbert.* Note de M. P. DUBREIL.

1. Rappelons qu'un idéal $\mathfrak{a}$ dans un anneau de polynomes $K[x_1, x_2, \ldots, x_n]$ est dit *homogène* si le polynome homogène, constitué par tous les termes d'un même degré d'un polynome de $\mathfrak{a}$, appartient lui-même à $\mathfrak{a}$. La fonction caractéristique de Hilbert $\chi(\mathfrak{a}, l)$ d'un tel idéal est le nombre des formes de degré l linéairement indépendantes modulo $\mathfrak{a}$, ou, ce qui revient au même, le nombre de conditions indépendantes pour qu'une forme de degré l appartienne à $\mathfrak{a}$. La fonction complémentaire

$$\varphi(\mathfrak{a}, l) = C_{l+n-1}^{n-1} - \chi(\mathfrak{a}, l) \qquad (\leqq C_{l+n-1}^{n-1})$$

représente le nombre des formes de degré l linéairement indépendantes qui sont contenues dans $\mathfrak{a}$.

MM. Macaulay et Sperner ont établi que la fonction φ satisfait à l'inégalité

$$(1) \qquad [\varphi(\mathfrak{a}, l-1)]^{(n)} \leqq \varphi(\mathfrak{a}, l),$$

$u^{(n)}$ désignant la fonction de Macaulay de la variable u. De plus, l'inégalité n'est possible dans (1) que pour un nombre fini de valeurs de l. L'inégalité (1) est *caractéristique*, en ce sens que toute fonction de l inférieure ou égale à C_{l+n-1}^{n-1} et satisfaisant à cette inégalité est fonction φ d'un idéal homogène. De ces propriétés, on peut déduire d'une manière particulièrement élégante deux résultats fondamentaux dus à Hilbert : tout idéal homogène admet une base finie (se composant évidemment de formes), et, à partir d'une valeur suffisamment élevée de l, la fonction caractéristique $\chi(\mathfrak{a}, l)$ est un polynome en l (1).

2. Étant donné un idéal homogène $\mathfrak{a}$, considérons l'idéal homogène $\bar{\mathfrak{a}}$ (à $n-1$ variables) engendré par les formes obtenues en remplaçant par zéro l'une des variables, x_1 par exemple, dans toutes les formes de $\mathfrak{a}$. On voit aisément que l'on a

$$\varphi(\bar{\mathfrak{a}}, l) \leqq \varphi(\mathfrak{a}, l) - \varphi(\mathfrak{a}, l-1),$$

l'égalité ayant nécessairement lieu dès que l est assez grand. De plus, en

(1) F. S. MACAULAY, *Proc. London Math. Soc.*, 26, 1927, p. 531-555; E. SPERNER, *Abh. Math. Seminar Hamburg*, 7, 1929, p. 149-163.

faisant sur les coordonnées une hypothèse toujours permise, on peut démontrer le théorème suivant :

Théorème I. — *La condition nécessaire et suffisante pour que l'égalité*

$$\varphi(\bar{\mathfrak{a}}, l) = \varphi(\mathfrak{a}, l) - \varphi(\mathfrak{a}, l-1)$$

ait lieu pour toutes les valeurs de l est que l'idéal $\mathfrak{a}$ *n'admette pas de composant impropre*, un composant impropre étant un composant primaire correspondant à l'idéal premier $(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ (¹).

3. Ce théorème fournit en premier lieu un critère pour qu'un idéal homogène n'admette pas de composant impropre. Il importe de pouvoir l'utiliser dans le cas où l'idéal est défini par sa base. On est ainsi conduit à poser le problème suivant : $\mathfrak{m}$ étant un idéal homogène et Φ une forme, quelle est la condition nécessaire et suffisante pour que l'idéal $(\mathfrak{m}, \Phi)$ n'admette pas de composant impropre? Dans cet ordre d'idées, on a les théorèmes suivants :

Théorème II. — *Si* Φ *n'appartient à aucun des idéaux premiers correspondant aux composants primaires de* $\mathfrak{m}$, *la condition cherchée est que* $\bar{\mathfrak{m}}$ *n'admette pas lui-même de composant impropre.*

On voit que cette condition ne dépend plus de Φ : c'est là une circonstance remarquable qui entraîne d'intéressantes conséquences géométriques sur lesquelles je reviendrai prochainement. Un autre cas susceptible d'applications intéressantes est résolu par le théorème suivant :

Théorème III. — Supposons que les idéaux $\mathfrak{m}$ et $\bar{\mathfrak{m}}$ n'admettent ni l'un ni l'autre de composants impropres, que Φ appartienne à certains composants primaires de $\mathfrak{m}$ et n'appartienne à aucun des idéaux premiers relatifs aux autres composants primaires de $\mathfrak{m}$. Soit $\mathfrak{m}_1$ le p. p. c. m. de ces derniers composants. *La condition nécessaire et suffisante pour que l'idéal* $(\mathfrak{m}, \Phi)$ *n'admette pas de composant impropre est que* $\bar{\mathfrak{m}}_1$ *n'en admette pas lui-même.*

4. Le théorème I fournit d'autre part une propriété de la fonction caractéristique d'un idéal homogène n'admettant pas de composant impropre : or les idéaux, fréquemment considérés, qui sont engendrés par les formes s'annulant sur une variété algébrique (irréductible ou non), sont de cette nature. Cette remarque admet, elle aussi, différentes applications. Je me

---

(¹) J'ai montré (*Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 84) l'importance de cette notion dans certaines questions de géométrie.

bornerai ici à en indiquer une, non encore signalée à ma connaissance : considérons dans le plan un système de points et l'idéal $\mathfrak{a}$ engendré par les formes $F(x_1, x_2, x_3)$ s'annulant en ces points; soient α le degré minimum de ces formes, b le nombre des formes qui figurent dans une base (minima) de $\mathfrak{a}$. On a $b \leqq \alpha + 1$.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les congruences stratifiables.* Note de M. **P. Vincensini.**

1. Les couples de congruences stratifiables, dont la notion est due à G. Fubini, ont été étudiés ces derniers temps par un certain nombre de géomètres, et plus particulièrement par MM. G. Fubini (1) et S. Finikoff (2).

Une congruence K étant arbitrairement donnée, il existe une infinité de congruences K′ formant avec K un couple simplement stratifiable.

En cherchant à réaliser avec des rayons *homologues* de congruences K′ (correspondant à un même rayon de K) des configurations projectives simples, j'ai été conduit à un certain nombre d'observations que je résume dans cette Note.

2. Il est possible de grouper les différentes congruences K′ simplement stratifiables avec K en familles (Θ) telles que les rayons homologues des congruences d'une même famille soient constamment situés dans un même plan (π). Il suffit de choisir pour (π) le plan tangent à l'une quelconque des surfaces (Σ), enveloppées par les plans issus du rayon générateur d'une congruence K′ particulière quelconque, pour avoir une famille Θ.

Les congruences de la famille Θ peuvent, à leur tour, être groupées en familles Γ de ∞^1 congruences telles que les ∞^1 rayons homologues d'une même famille concourent en un point ω du plan (π). La détermination des familles Γ se ramène à l'intégration d'une certaine équation aux dérivées partielles du second ordre à une fonction inconnue φ, $(E = 0)$. Chaque solution φ de l'équation E fournit une famille Γ. Le lieu des sommets ω des faisceaux, déterminés par les différents plans tangents (π) à (Σ) dans la famille Γ, est une surface Ω_φ que j'associe au couple (KK′).

3. Si la congruence de départ K est conjuguée aux surfaces enveloppées (Σ) [au réseau (Σ)], auquel cas K′ est harmonique à (Σ), toutes les congruences Θ sont harmoniques à (Σ).

---

(1) *Annali di Matematica pura ed applicata*, 4e série, 1, 1924, p. 241.

(2) *Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo*, 53, 1929, p. 313.

Sur la surface Ω_φ, lieu du point ω, correspondant à une solution quelconque de l'équation E, les développables des congruences Γ à rayons homologues concourants déterminent le même réseau conjugué.

Les tangentes ωT_1, ωT_2 de ce réseau correspondent aux tangentes de même rang du réseau (Σ) dans une liaison de simple stratifiabilité. En outre, les deux couples simplement stratifiables ainsi obtenus sont eux aussi *conjugués et harmoniques* aux surfaces enveloppées, comme le couple initial (KK').

Chaque solution φ de E permet donc de transformer le réseau (Σ) en un autre réseau (ω), les tangentes homologues des deux réseaux formant des couples simplement stratifiables conjugués et harmoniques. Nous disons de deux réseaux qui se trouvent dans la relation indiquée qu'ils forment un *couple de réseaux simplement stratifiable*, *conjugué et harmonique*.

4. Si le couple de congruences de départ (KK') est *doublement stratifiable*, *conjugué et harmonique*, il existe ∞^2 congruences Θ dont les rayons homologues sont constamment situés dans un même plan tangent (π) à l'une des surfaces (Σ) enveloppées par les plans issus de K'.

Ces ∞^2 congruences peuvent se grouper en familles Γ de ∞^1 congruences, les rayons homologues de chaque famille formant un faisceau ayant pour sommet un certain point ω du plan (π).

Les réseaux (Σ) et (ω) sont ici des réseaux (R) de Tzitzéica-Demoulin [les tangentes décrivent des congruences (R)] doublement stratifiables, conjugués et harmoniques. La tranformation générale des réseaux indiquée au n° 3 se réduit ici à une transformation indiquée par M. Finikoff dans le travail cité au début de cette Note.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les développantes affines des courbes minima.* Note de M. V. **Lalan**, présentée par M. Élie Cartan,

1. Sur une développable isotrope, il y a lieu de distinguer les courbes dont la tangente est parallèle à la normale principale affine [1] de l'arête; ce sont elles que nous appellerons les *développantes affines* de l'arête minima. Désignant par σ le pseudo-arc de l'arête (P), on a, pour une courbe quelconque (M) de la développable isotrope, la représentation

$$M = P + r(\sigma)\, P'_\sigma. \tag{1}$$

[1] *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 232-233.

Sa tangente sera parallèle à la normale affine P''_{σ^2}, pourvu que

$$r + \sigma = \text{const.} \tag{2}$$

et son arc, si on l'oriente dans le sens de P''_{σ^2}, aura pour expression

$$s - s_0 = -\frac{1}{2}(C - \sigma)^2 = -\frac{r^2}{2}. \tag{3}$$

Or, on sait (1) que toute courbe de la développable isotrope vérifie, moyennant une orientation convenable, la relation

$$\frac{1}{R}\frac{dR}{ds} + \frac{i}{T} = -\frac{1}{r^2} \tag{4}$$

qui donne, pour les développantes affines de l'arête, en vertu de (3),

$$R'^2 + RR'' - 2\frac{R^2}{T^2} + i\left(\frac{4RR'}{T} - \frac{R^2T'}{T^2}\right) = 0. \tag{5}$$

Cette équation exprime la *condition pour qu'une courbe soit développante affine de l'une ou l'autre de ses deux développées minima.*

2. Il est particulièrement intéressant de déterminer les *courbes réelles* jouissant de cette propriété. L'équation (5) équivaut alors à deux équations, et les courbes réelles intégrales sont des développantes affines de leurs deux développées minima.

Comme courbes planes, on ne trouve que les *développantes de cercle.* Les autres ont pour équations intrinsèques :

$$T = \frac{R^4}{A}, \qquad \left(\frac{dR}{ds}\right)^2 = \frac{B^2}{R^2} - \frac{A^2}{R^6} \qquad (A, B \neq 0), \tag{6}$$

elles forment une *famille à 8 paramètres.* Elles n'ont pas de point de rebroussement, et présentent une symétrie par rapport à la normale principale menée au point où leur rayon de courbure est minimum.

3. Nous signalerons quelques-unes de leurs propriétés.

a. Leur arc affine croît proportionnellement à l'arc de leur première indicatrice. C'est cette propriété qu'exprime la première des équations (6).

b. Une combinaison des deux équations donne

$$T^2R'^2 + R^2 = \frac{B^2}{A^2}R^6, \tag{7}$$

(1) E. Cartan, *Bull. Sc. math.*, 34, 1910, p. 280.

c'est-à-dire que *le rayon de leur sphère osculatrice est proportionnel au cube de leur rayon de courbure*. L'interprétation géométrique est la suivante : si S est le centre de la sphère osculatrice, et si MD est la symétrique par rapport à la normale principale Mn de la bissectrice de l'angle nMS, cette droite MD enveloppe une développée de la courbe; par suite, *toutes les développées s'obtiennent sans quadrature*.

L'ensemble des propriétés a et b caractérise complètement nos courbes.

c. L'arc affine de la courbe (S), *arête de rebroussement de la surface polaire, est proportionnel à l'arc affine de la courbe elle-même*. Cette propriété s'exprime par l'équation

$$\frac{R}{T}+\frac{d}{ds}\left(T\frac{dR}{ds}\right)=C\left(\frac{T}{R}\right)^{\frac{1}{3}}. \tag{8}$$

Pour nos courbes, C est positif et égal à $3B^2A^{-\frac{2}{3}}$. L'ensemble des propriétés b et c ne convient qu'à elles. En revanche, les propriétés a et c appartiennent à une famille de courbes à neuf paramètres, d'équations intrinsèques

$$T=\frac{R^4}{A},\qquad \left(\frac{dR}{ds}\right)^2=\frac{B'}{R^2}-\frac{A^2}{R^6}+\frac{D}{R^8}\qquad \left(B'=\frac{1}{3}CA^{\frac{2}{3}}\right). \tag{9}$$

La constante B′ peut être négative, comme C.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur une congruence de cercles osculateurs aux lignes de courbure* $u=$ const. *d'une surface* S_1 *et* $v=$ const. *d'une surface* S_2. Note de M. **B. Gambier**, présentée par M. Drach.

1. En étudiant les congruences de cercles ([1]) j'ai signalé le cas où *les quatre points focaux se réduisent sur chaque cercle à deux foyers doubles*. Si l'on veut de plus que *chacun de ces deux foyers compte pour deux unités* (*et non une seule*) *dans l'intersection du cercle général et des deux cercles voisins qui lui sont sécants, il est nécessaire et suffisant que les deux nappes focales* S_1, S_2 *de la congruence en jeu se correspondent ponctuellement, par les foyers* φ_1, φ_2 *du cercle, les lignes de courbure* (u, v) *se conservant et les cercles osculateurs des courbes* $u=$ const. *de* S_1 *étant osculateurs aux lignes* $v=$ const. de S_2. J'ai établi ces propriétés dans un Mémoire, remis en mars 1933 aux *Annales de Toulouse*, et ramené la solution au problème suivant : *les axes des cercles*

([1]) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 928.

touchent les surfaces focales F_1, F_2 *suivant des lignes* $u =$ const., $v =$ const. *respectivement géodésiques sur* F_1 ou F_2; (x_1, y_1, z_1) étant les coordonnées de F_1, le cercle général C est déterminé par les équations

$$(1) \qquad \Sigma_1 \equiv (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2 - \rho_1^2 = 0, \qquad \frac{\partial \Sigma_1}{\partial u} = 0;$$

$$(2) \quad \left\{ \begin{aligned} &\left| \frac{\partial x_1}{\partial u}\, \frac{\partial x_1}{\partial v}\, \frac{\partial^2 x_1}{\partial u\, \partial v} \right| = 0, \quad S\frac{\partial x_1}{\partial u}\frac{\partial x_1}{\partial v} - \frac{\partial \rho_1}{\partial u}\frac{\partial \rho_1}{\partial v} = 0, \quad S\left(\frac{\partial x_1}{\partial v}\right)^2 - \left(\frac{\partial \rho_1}{\partial v}\right)^2 = 0, \\ &\rho_1^2\left[S\left(\frac{\partial^2 x_1}{\partial u^2}\right)^2 - \left(\frac{\partial}{\partial u}\frac{F}{\sqrt{G}}\right)^2 - \frac{1}{4}\left(E - \frac{F^2}{G}\right)\left\{\frac{\partial}{\partial u}\log\left(E - \frac{F^2}{G}\right)\right\}^2\right] \\ &\qquad\qquad + \frac{2EF}{\sqrt{G}}\rho_1\frac{\partial}{\partial u}\log\left(\frac{F}{\sqrt{EG}}\right) - E\left(E - \frac{F^2}{G}\right) = 0. \end{aligned} \right.$$

Les quatre équations (2) déterminent les quatre fonctions inconnues x_1, y_1, z_1, ρ_1 [suivant l'usage, E, F, G désignent $S(\partial x_1/\partial u)^2$, $S\partial x_1/\partial u\, \partial x_1/\partial v$, $S(\partial x_1/\partial v)^2$]. Elles ont l'avantage de montrer que *la longueur d'arc* ρ_1 *des géodésiques* $u =$ const. *de* F_1 *s'obtient sans quadrature*, mais elles se prêtent mal à la discussion et à la recherche de solutions spéciales. J'avais signalé la question par écrit, à MM. Cartan, Finikoff, Vincensini, et oralement à M. Drach. Or M. Finikoff dans une lettre, reçue le 30 mars 1933, m'envoyait la mise en équation du problème, conformément à la méthode de Guichard, en utilisant la représentation sphérique de la congruence rectiligne des axes des cercles, de façon à rétablir la symétrie entre les deux nappes F_1, F_2 ou S_1, S_2; ses résultats *équivalent* au paragraphe *a* de la Note de M. Drach [1]. MM. Drach et Finikoff ont ainsi obtenu les résultats en jeu en même temps.

2. Je désire maintenant présenter quelques remarques. Avec les notations que j'ai employées (mes angles φ, ψ sont les compléments des angles ψ, φ de M. Drach), on a le système

$$(3) \quad \left\{ \begin{aligned} &\psi_{uv} - \varphi_v\psi_u(\cot\varphi + \cot\psi\cos\omega) = 0, \qquad \varphi_{uv} - \varphi_v\psi_u(\cot\psi + \cot\varphi\cos\omega) = 0, \\ &\omega_{uv} + \varphi_v\psi_u(2\cot\varphi\cot\psi\cos\omega - 1)\sin\omega + (\varphi_v\omega_u\cot\psi + \psi_u\omega_v\cot\varphi)\cos\omega = 0, \\ &\rho_{uv} + \varphi_v\rho_u\cot\varphi + \psi_u\rho_v\cot\psi + [(\varphi_v\cot\varphi)_u + (\psi_u\cot\psi)_v + \varphi_v\psi_u\cos\omega]\rho = 0. \end{aligned} \right.$$

Le $d\sigma^2$ de la sphère est

$$d\sigma^2 = \psi_u^2\, du^2 + 2\psi_u\varphi_v\cos\omega\, du\, dv + \varphi_v^2\, dv^2;$$

si donc nous faisons $\varphi \equiv \psi$, on peut obtenir une solution spéciale où φ, ω, ρ sont fonctions du seul argument $t = u + v$ et s'obtiennent par la résolution

[1] *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1057.

des *équations différentielles ordinaires*

$$(5)\qquad \varphi''=\varphi'^2(1+\cos\omega)\cot\varphi,\qquad \omega''+2(\varphi'\cot\varphi\sin\omega)'+\varphi'^2\sin\omega=0,$$

$$(6)\qquad \rho''+2\varphi'\rho'\cot\varphi+[2(\varphi'\cot\varphi)'+\varphi'^2\cos\omega]\rho=0.$$

Les surfaces ainsi obtenues sont des hélicoïdes. Les deux équations (5) équivalent à une *équation d'ordre 4 dont j'ai obtenu une intégrale première, la ramenant ainsi à une équation d'ordre* 3. J'indique la méthode; le $d\sigma^2$ de la sphère est

$$(7)\qquad d\sigma^2=\varphi'^2\left[(du+dv)^2\cos^2\frac{\omega}{2}+(du-dv)^2\sin^2\frac{\omega}{2}\right]=du_1^2+U_1^2\,d\lambda^2,$$

en posant

$$(8)\qquad \varphi'\cos\frac{\omega}{2}\,dt=du_1,\qquad u-v=\lambda,\qquad \varphi'\sin\frac{\omega}{2}=U_1,$$

où U_1 *est une fonction de l'argument* u_1; mais alors nous savons que les courbes $\lambda=$ const. sur la sphère sont des grands cercles ayant un diamètre commun et que $U_1=A\sin u_1$, où A est une constante : *ce résultat remplace la seconde équation* (5) (qui exprime que la courbure de la forme $d\sigma^2$ est égale à l'unité). Les première et dernière équations (8) donnent

$$(9)\qquad \varphi'^2=\left(\frac{du_1}{dt}\right)^2+A^2\sin^2u_1,\qquad \operatorname{tang}\frac{\omega}{2}=(A\sin u_1):\frac{du_1}{dt}.$$

La première équation (5) donne

$$(10)\qquad \cot\varphi=\left(A^2\sin u_1\cos u_1+\frac{d^2u_1}{dt^2}\right):2\frac{du_1}{dt}\sqrt{\left(\frac{du_1}{dt}\right)^2+A^2\sin^2u_1}.$$

Remplaçant φ par cette valeur dans la première équation (9), on a l'équation résolvante annoncée définissant u_1 en fonction de t; (10) et (9) donnent ensuite φ et ω.

THÉORIE DES ESPACES DE RIEMANN. — *Sur un ds^2 binaire particulier.* Note de MM. **Delsarte** et **Racine**, présentée par M. Henri Villat.

La classification des ds^2 binaires convenant à la théorie de la relativité a déjà été donnée par l'un de nous [1]. Il en est une catégorie importante, formée par ceux qui sont du type

$$dS^2=ds^2+\varphi^2\,d\theta^2;$$

---

[1] J. Delsarte, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 534.

où ds^2 est un ds^2 à trois variables, et où la fonction φ ne dépend que de ces trois variables. Suivant que l'on considère la quatrième variable θ comme un temps cosmique ou comme un angle polaire, on a les ds^2 statiques les plus généraux, ou les ds^2 dynamiques à symétrie axiale. Ce dernier cas est spécialement important, car il contient une solution particulière du problème des deux corps.

De toutes manières, les équations du problème sont, pour le vide, en rapportant les indices au ds^2 à trois variables,

$$\varphi r_{ij} = \varphi_{,i,j},$$
$$\Delta\varphi = 0.$$

Ce sont des équations du second ordre par rapport à la fonction φ, au nombre de sept. On peut les simplifier considérablement par l'artifice suivant :

Introduisons un ds^2 conforme au ds^2 cherché : $d\sigma^2 = \varphi^2\, ds^2$. Relativement à ce dernier, les équations précédentes peuvent s'écrire :

$$R_{ij} = \frac{2}{\varphi^2}\varphi_{,i}\varphi_{,j}.$$

Il n'y a plus que six équations du premier ordre par rapport à la fonction φ.

Malgré cette importante réduction, le problème reste encore très difficile. On peut cependant obtenir des solutions particulières assez étendues, en supposant que, dans le nouvel espace, les variétés $\varphi = \text{const.}$ sont géodésiquement parallèles.

L'intégration peut alors se poursuivre complètement, et la solution générale dépend de trois fonctions arbitraires d'une variable; elle peut se mettre sous la forme

$$d\sigma^2 = (\operatorname{sh}\nu\, d\lambda + \alpha\, d\nu)^2 + (\cos\lambda\, d\mu + \beta\, d\nu)^2 + \operatorname{sh}^2\nu\, d\nu^2; \qquad \varphi = \operatorname{th}\frac{\nu}{2}$$

avec

$$\alpha = R\cos\left[\frac{\mu - f}{\operatorname{sh}\nu}\right]; \qquad \beta = R\sin\lambda\sin\left[\frac{\mu - f}{\operatorname{sh}\nu}\right] - \cos\lambda\operatorname{th}\nu(\mu - g),$$

R, f, g étant trois fonctions arbitraires de ν. On en déduit, comme il a été indiqué plus haut :

1° un dS^2 statique :

$$dS^2 = A^2\operatorname{th}^2\frac{\nu}{2}\,dt^2 - \operatorname{coth}^2\frac{\nu}{2}\left[(\operatorname{sh}\nu\, d\lambda + \alpha\, d\nu)^2 + (\cos\lambda\, d\mu + \beta\, d\nu)^2 + \operatorname{sh}^2\nu\, d\nu^2\right]$$

avec

$$\alpha = \mathrm{R}\cos\left[\frac{\mu - f}{\operatorname{sh}\nu}\right], \qquad \beta = \mathrm{R}\sin\lambda\sin\left[\frac{\mu - f}{\operatorname{sh}\nu}\right] - \cos\lambda\,\operatorname{th}\nu(\mu - g) \qquad (\mathrm{A} = \text{const.});$$

2° un dS^2 dynamique à symétrie axiale :

$$dS^2 = \cot^2\frac{\nu}{2}(\sin\nu\,d\lambda + \alpha\,d\nu)^2 - \cot^2\frac{\nu}{2}(\cos\lambda\,d\mu + \beta\,d\nu)^2 - 4\cos^4\frac{\nu}{2}d\nu^2 - \mathrm{A}^2\operatorname{tang}^2\frac{\nu}{2}d\theta^2$$

avec

$$\alpha = \mathrm{R}\operatorname{ch}\left[\frac{\mu - f}{\sin\nu}\right], \qquad \beta = \mathrm{R}\sin\lambda\operatorname{sh}\left[\frac{\mu - f}{\sin\nu}\right] - \cos\lambda\operatorname{tang}\nu(\mu - g) \qquad (\mathrm{A} = \text{const.}).$$

Il est à remarquer que, dans le dernier de ces dS^2, il est impossible de définir un temps cosmique.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur un théorème de M. E. Borel.*

Note [1] de M. **Chr. Fousianis**, présentée par M. Émile Borel.

On doit à M. Borel le théorème suivant qui s'applique à toute fonction continue, croissante, positive, $\mu(x)$ qui croît indéfiniment avec x.

La fonction $\mu(x)$ vérifie l'inégalité

$$\mu\left(x + \frac{1}{\log\mu(x)}\right) < \mu(x)^{1+\varepsilon} \qquad (\varepsilon > 0),$$

sauf peut-être, pour certaines valeurs de x, contenues dans des intervalles de longueur totale finie.

Nous allons établir la proposition suivante :

Théorème. — *Il existe toujours des valeurs de x croissant indéfiniment vérifiant l'inégalité*

$$\mu\left[x\left(1 + \frac{\log x \log_2 x \ldots \log_\nu^\rho x}{\log\mu(x)\log_2\mu(x)\ldots\log_\nu^k\mu(x)}\right)\right] < \theta\mu(x) \qquad (\theta > 1),$$

dont l'étendue totale est un intervalle de longueur tendant vers l'infini avec $k > 1$ et $\rho < k$.

---

[1] Séance du 9 janvier 1933.

Supposons, pour fixer les idées, que l'inégalité

$$(1)\quad \begin{cases} \mu\{x[1+m(x)]\} > \theta\,\mu(x) \quad \text{avec } \theta > 1, \\ m(x) = \dfrac{\log x \log_1 x \ldots \log_\nu^\rho x}{\log \mu(x) \log_2 \mu(x) \ldots \log_\nu^k \mu(x)} \quad (k > 1 \text{ et } \rho < k) \end{cases}$$

soit vérifiée pour toute valeur de x, à partir d'une valeur $x = x_0$.

Posons

$$x_j[1+m(x_j)] = x_{j+1} \qquad [j = 0, 1, \ldots, (n-1)],$$

alors

$$\mu(x_j) > \theta\,\mu(x_{j+1}) \quad [j = 0, 1, \ldots, (n-1)] \qquad \text{et} \qquad \mu(x_n) > \theta^n \mu(x_0);$$

on en déduit

$$\log \mu(x_n) > n \log\theta, \qquad \ldots, \qquad \log_\nu^\alpha \mu(x_n) > (1 - \varepsilon_{\nu-1}) \log_{\nu-1}^\alpha n.$$

Or,

$$(2)\quad \frac{1}{\log \mu(x_n) \ldots \log_\nu^\alpha \mu(x_n)} < \frac{1}{A \log\theta\, n \log n \ldots \log_{\nu-1}^{\alpha_n}}, \qquad \text{où } A < 1.$$

D'autre part, nous avons $x_j[1+m(x_j)] = x_{j+1}$; donc

$$(3)\quad \log x_j + \log[1+m(x_j)] = \log x_{j+1}.$$

Si le rapport $\log_\nu x : \log_\nu^\alpha \mu(x)$, $\alpha = k/\rho$ est inférieure à l'unité; alors on aura

$$\left[\frac{\log_\nu x}{\log_\nu^\alpha \mu(x)}\right]^\rho = \frac{\log_\nu^\rho x}{\log^k \mu(x)} < \frac{\log_\nu x}{\log_\nu^\alpha \mu(x)} \qquad \text{pour } \rho > 1;$$

$$x_j[1+m(x_j)] = x_{j+1};$$

au cas où $\log_\nu x / \log_\nu^\alpha \mu(x) > 1$, on aura $\dfrac{\log_\nu x}{\log_\nu \mu(x)} > 1$; donc

$$1 + m(x_j) < [1+f(x_j)]^\rho < e^{\rho f(x_j)} \qquad \text{avec } f(x) = \frac{\log x \log_2 x \ldots \log_\nu x}{\log \mu(x) \log_2 \mu(x) \ldots \log_\nu^\alpha \mu(x)};$$

alors, pour $\rho > 1$, on aurait $\log[1+m(x_j)] < \rho f(x_j)$ et, en tenant compte de (3), on en déduit $\log x_j + \rho f(x_j) > \log x_{j+1}$, c'est-à-dire

$$\log x_j \left[1 + \rho \frac{\log_2 x_j \ldots \log_\nu x_j}{\log \mu(x_j) \log_2 \mu(x_j) \ldots \log_\nu^\alpha \mu(x_j)}\right] > \log x_{j+1};$$

de même

$$\log_\nu x_j \left[1 + \frac{\rho}{\log \mu(x_j) \log_2 \mu(x_j) \ldots \log_\nu^\alpha \mu(x_j)}\right] > \log_\nu x_{j+1}.$$

L'inégalité dernière pour $j = 0, 1, \ldots, (n-1)$ fournit

$$\log_\nu x_n < \log_\nu x_0 [1+\varphi(x_0)] \ldots [1+\varphi(x_{n-1})],$$

c'est-à-dire

$$\log_{\nu+1} x_n < \log_{\nu+1} x_0 + \sum_{0}^{n-1} \varphi(x_n), \qquad \varphi(x) = \frac{\rho}{\log\mu(x)\ldots\log_\nu^\alpha \mu(x)},$$

et, en tenant compte de (2), nous aurons

$$\log_{\nu+1} x_n < \log_{\nu+1} x_0 + \mathrm{N} + \frac{\rho}{\mathrm{A}\log\theta}\sum_{2}^{n-1}\frac{1}{n\log n\ldots\log_{\nu-1}^\alpha n},$$

N fixe, c'est-à-dire $x_n < \mathrm{B}$, B désigne un nombre fixe. Il y a donc contradiction avec l'inégalité $\mu(x_n) > \theta^n \mu(x_0)$. Soit x_p la première valeur à droite de x_n qui vérifie l'inégalité (1), nous posons

$$x_{p+k} = x_{p+k-1}[1 + m(x_{p+k-1})],$$

d'où il vient

$$\log_{\nu+1} x_{p+k} < \log_{\nu+1} x_p + \rho \sum_{k=0}^{k-1}\frac{1}{\log\mu(x_{p+k})\ldots\log_\nu^\alpha \mu(x_{p+k})},$$

et, en tenant compte des relations

$$\mu(x_{p+k}) > \theta^k \mu(x_p) > \theta^{n+k}\mu(x_0),$$

on obtient

$$\log_{\nu+1} x_{p+k} < \log_{\nu+1} x_p + \frac{\rho}{\mathrm{A}\log\theta}\sum_{k=0}^{k-1}\frac{1}{(n+k)\log(n+k)\ldots\log_{\nu-1}^\alpha(n+k)},$$

c'est-à-dire $x_{p+k} < \mathrm{B}'$, B' désigne un nombre fixe. Considérons donc les intervalles exceptionnels (x_0, x_n), (x_p, x_{p+k}), ..., $(x_q, x_{q+\lambda})$, nous avons

$$\log_{\nu+1} x_n + \log_{\nu+1} x_{p+k} + \ldots + \log_{\nu+1} x_{q+\lambda}$$
$$< \log_{\nu+1} x_0 + \log_{\nu+1} x_p + \ldots + \log_{\nu+1} x_q + \mathrm{N} + \frac{\rho}{\mathrm{A}\log\theta}\sum_{2}^{\infty}\frac{1}{n\log n\ldots\log_{\nu-1}^\alpha n},$$

et comme

$$x_p = x_n + \Delta_1 \qquad \text{ou} \qquad \log_{\nu+1} x_p < \Delta_1 + \log_{\nu+1} x_n;$$

de même

$$x_q = x_{b+d} + \Delta_m \qquad \text{et} \qquad \log_{\nu+1} x_q < \Delta_m + \log_{\nu+1} x_{k+d}$$

avec $b < q$; les considérations ci-dessus nous fournissent

$$\log_{\nu+1} x_{q+\lambda} < \log_{\nu+1} x_0 + \mathrm{M} + \sum_{1}^{m}\Delta_m,$$

M fixe. Si la série $\Sigma\Delta_m$ diverge ayant une somme égale à ∞, le théorème est démontré; si elle converge tous les intervalles exceptionnels couvrent un intervalle fini.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur la théorie de la turbulence dans les canaux.* Note de M. **G. D. Mattioli**, présentée par M. H. Villat.

Considérons le mouvement d'un fluide dans un canal à parois parallèles (Ox, axe du canal; Oy, perpendiculaire aux parois; $2h$, largeur) : quand la vitesse moyenne est supérieure à une valeur critique, le mouvement perd la régularité qui caractérise le régime visqueux et devient *turbulent*. L'expérience montre que les couches adjacentes se mélangent : M. Prandtl a traduit cette circonstance introduisant une fonction $l(y)$ qui représente la longueur parcourue perpendiculairement à la vitesse par les éléments fluides qui se détachent de la masse et réalisent le transfert turbulent. En se fondant sur cette explication fondamentale de la turbulence, on peut en construire une théorie complètement dynamique sur la base des hypothèses suivantes :

1° La vitesse locale v a une définition statistique : moyenne dans une région suffisamment petite;

2° La masse fluide est (partiellement) désagrégée en éléments de petites dimensions, bien que finies, et caractérisés, dynamiquement, par la quantité de mouvement et le moment de quantité de mouvement, qui sont cédés à la couche qui capture ces éléments.

A côté de $l(y)$ définissons une $k(y)$ telle que $\rho k dt$ est, pour unité de volume, la masse qui dans le temps dt passe de y en $y-l$ et $y+l$.

Considérons le volume élémentaire dS de dimensions 1, dy, 1 : avec des calculs tout à fait élémentaires, on trouve que

$$-\rho(l^2 k v')' dy, \quad -\rho(l^2 k v'')' dy, \quad \left(v' = \frac{dv}{dy}, \cdots\right)$$

représentent respectivement la quantité de mouvement *perdue* par dS à la suite du transfert de masse, et une quantité proportionnelle au moment de quantité de mouvement (par rapport au centre de gravité de chaque élément) transporté hors de dS. Le mouvement étant permanent, une force et un moment égalant les quantités précédentes doivent être appliqués sur dS. La force est le gradient, constant, de pression $\rho\sigma = -dp/dx$; le couple, dont la nature physique est encore inconnue, a un moment qui, vraisemblablement, s'annule avec v'' : il est naturel de le poser proportionnel à v''. On trouve ainsi les deux équations

$$-(l^2 k v')' = \sigma, \qquad (l^2 k v'')' = a v''$$

qui s'intègrent une fois (la constante d'intégration de la première est nulle). Éliminant l^2k on obtient l'équation caractéristique de la turbulence dans les canaux

(1) $$\frac{v''}{v'} = -\frac{av' + b}{\sigma y}.$$

On traduit la loi de similitude de Stanton en prenant les nouvelles variables ξ et u,

$$\xi h = y, \qquad \sqrt{\sigma h}\, u = v_{\text{max.}} - v,$$

et exigeant qu'il doit résulter $u = u(\xi)$. Alors nécessairement

$$a = \varkappa\sqrt{\sigma h}, \qquad b = \beta\sigma,$$

avec $\varkappa$ et β nombres purs. De l'équation (1) résulte enfin

(2) $$\frac{d\xi}{du} = \frac{\varkappa}{\beta} - c\xi^{\beta},$$

où les constantes β, c sont déterminées par les données empiriques. Le expériences de Nikuradse [1] nous font retrouver un résultat déjà apparu dans le cas des tubes [2] : *la courbe $u(\xi)$ est formée de deux arcs appartenant à deux intégrales de l'équation* (2), *respectivement déterminées par les conditions sur l'axe et à la paroi.*

On doit prendre $\varkappa = 0,44$, et respectivement $\beta = 1$, $\beta = 2$; alors l'équation (2) s'intègre et l'on a

$$u - u_0 = \frac{1}{c}\left[\log(x - c\xi)\right]_{\xi}^{\xi_0} \qquad (\xi < \xi^*),$$

$$u - u_0 = \frac{1}{\varkappa}\sqrt{\frac{\varkappa}{2c'}}\left[\log\frac{1 + \xi\sqrt{\dfrac{2c'}{\varkappa}}}{1 - \xi\sqrt{\dfrac{2c'}{\varkappa}}}\right]_{\xi_0}^{\xi} \qquad (\xi > \xi^*).$$

On obtient les résultats expérimentaux avec

$$c = 0,56, \qquad \sqrt{\frac{2c'}{\varkappa}} = 0,99187, \qquad \xi^* = \sim 0,5.$$

La constante $\varkappa$ a la même valeur que dans le cas des tubes : $\varkappa$ *est donc une constante universelle de turbulence.*

---

(1) *Forschungsarbeiten des Vereins Deutscher Ingenieuren*, n° **289**, 1929, p. 31.

(2) G. D. MATTIOLI, *Rendiconti dei Lincei*, **17**, 1933, p. 217, 289.

Voici, enfin, les valeurs observées et calculées (u_c) de u :

ξ......	0	0,17	0,25	0,333	0,417	0,5	0,583
u......	0	0,26	0,39	0,74	1,16	1,6	2,09
u_c......	—0,3	0,23	0,48	0,78	1,14	1,58	2,11
ξ......	0,666	0,75	0,833	0,875	0,917	0,958	1
u......	2,79	3,53	4,43	5,27	6,07	7,20	11,78
u_c......	2,72	3,48	4,47	5,15	6,07	7,50	11,68

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les mouvements à trois dimensions, avec sillage*. Note de M. **Florin Vasilesco**, présentée par M. H. Villat.

Dans une Note antérieure [1], j'ai exposé brièvement une méthode d'étude des mouvements avec sillage à trois dimensions, en considérant un obstacle, de révolution autour d'un axe qu'il rencontre, ayant la direction de la vitesse à l'infini. La méthode est cependant *générale* et implique seulement que *le mouvement est le même dans tout demi-plan passant par une droite parallèle à la vitesse à l'infini*. Elle permet d'étudier, sans difficulté, un grand nombre de mouvements, par exemple : les *jets fluides* à travers un orifice circulaire pratiqué dans une paroi plane, ou à travers un cône tronqué ; le mouvement, avec sillage, d'un fluide dans un *tunnel cylindrique obstrué en partie par un disque* (ou un cône) placé axialement, etc. Il n'est pas nécessaire d'insister sur l'importance pratique de ces mouvements, et particulièrement du dernier. Les mouvements avec sillage peuvent être engendrés par des obstacles rencontrant l'axe, ou ne le rencontrant pas. Dans ce dernier cas, l'obstacle est un *anneau* de révolution (ou plusieurs, tenons-nous en à un seul). Ce cas est le plus général et très intéressant. En effet, en faisant s'éloigner l'axe vers l'infini, on obtient comme cas limite un cylindre indéfini et cependant *on ne retombe pas* sur le mouvement à deux dimensions avec sillage. Cela n'est nullement surprenant, la méthode impliquant essentiellement que le rayon intérieur de l'anneau est fini. D'ailleurs, comme M. Villat a bien voulu me le faire remarquer, quel que soit ce rayon, le problème est toujours le même, car on peut ramener le rayon à une longueur constante. Si, d'autre part, le profil S de l'anneau est *symétrique* par rapport à une droite parallèle à l'axe, δ, *on retombe sur les lignes de jet* du mouvement de l'obstacle engendré par la révolution de S autour de δ, car le mouvement *équivalent* de l'anneau tend vers celui de ce mouvement. Pour continuer l'exposé de la méthode, ainsi que pour permettre de vérifier ces

[1] *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 896.

faits, je vais étudier le *mouvement avec sillage d'un anneau*, dont le cas d'un obstacle rencontrant l'axe se déduit par le passage à la limite indiqué.

La configuration du mouvement plan équivalent est alors la même que pour le mouvement plan avec sillage (voir H. Villat, *Mécanique des fluides*, p. 143) avec, en plus, une ligne de courant horizontale $\Delta' M \Delta$ d'ordonnée négative. La configuration dans le plan du potentiel complexe f présente la même particularité. Le domaine de la fonction $[Z = X + iY = 1/2(df/dz)^2]$ est limité par la portion de la droite $Y = 1$ allant d'un point P_2 à $+\infty$, [c'est (λ_2)]; une courbe (ω_2) allant de P_2 à o, (ω_1) de o à P_1 sur $Y = -1$, (λ_1) de P_1 à $+\infty$ sur $Y = -1$, (Δ') de $+\infty$ à M' sur $Y = 0$ et (Δ) de M à $+\infty$ sur $Y = 0$. On transforme les domaines de Z et f sur un cercle (ζ) de rayon un, avec les correspondances suivantes : $\omega_2(0, i)$, $\omega_1(i, -1)$, $\lambda_1(-1, e^{i\varepsilon_1})$, $\Delta' M(e^{i\varepsilon_1}, e^{i\varepsilon'})$, $M\Delta\,(e^{i\varepsilon'}, e^{i\varepsilon_2})$, $\lambda_2(e^{i\varepsilon_2}, 1)$. Les formules générales sont :

$$f = -\frac{k}{2}\frac{\sin\left(\frac{\varepsilon_1}{2}-\frac{\pi}{4}\right)}{\sin^2\left(\frac{\varepsilon_2}{2}-\frac{\varepsilon_1}{2}\right)}\left[\log\frac{e^{i\varepsilon_2}-\zeta}{e^{i\varepsilon_1}-\zeta}\,\frac{\sin\left(\frac{\varepsilon_1}{2}-\frac{\pi}{4}\right)}{\sin\left(\frac{\varepsilon_2}{2}-\frac{\pi}{4}\right)}e^{i\left(\frac{\varepsilon_1}{2}-\frac{\varepsilon_2}{2}\right)} + \frac{\sin\left(\frac{\varepsilon_2}{2}-\frac{\varepsilon_1}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\varepsilon_2}{2}-\frac{\pi}{4}\right)}e^{i\left(\frac{\varepsilon_1}{2}-\frac{\pi}{4}\right)}\frac{i-\zeta}{e^{i\varepsilon_1}-\zeta}\right],$$

$$Z = ik\,e^{\frac{i}{2}(\varepsilon_1-\varepsilon'+\varepsilon_2)}\int e^{\frac{i}{2\pi}\int_0^{\pi}\Theta(\varepsilon)\frac{1+\zeta e^{-i\varepsilon}}{1-\zeta e^{-i\varepsilon}}d\varepsilon}\,\frac{(e^{i\varepsilon'}-\zeta)(1-\zeta)}{(1+\zeta)^2(e^{i\varepsilon_1}-\zeta)(e^{i\varepsilon_2}-\zeta)}\,d\zeta.$$

Si l'on connaissait la correspondance $\Theta(\varepsilon)$ entre l'angle du contour de Z avec OX et l'argument ε sur le cercle, il serait facile d'expliciter la deuxième formule et de déterminer les constantes. On en tirerait dz en fonction de ζ et, de là, les lignes (λ_1), (λ_2), ... Cette formule pose des problèmes analogues à ceux posés par la formule classique [1] (*loc. cit.*, p. 150).

Dans le cas d'un *anneau plan* circulaire, on obtient

$$f = -\frac{k}{2}\frac{\sin\left(\frac{\varepsilon_1}{2}-\frac{\pi}{4}\right)}{\cos^2\varepsilon_1}\left[\log\frac{e^{i(3\pi-\varepsilon_1)}-\zeta}{e^{i\varepsilon_1}-\zeta}e^{i\left(\varepsilon_1-\frac{3\pi}{2}\right)} + 2\cos\left(\frac{\varepsilon_1}{2}-\frac{\pi}{4}\right)e^{i\left(\frac{\varepsilon_1}{2}-\frac{\pi}{4}\right)}\frac{i-\zeta}{e^{i\varepsilon_1}-\zeta}\right],$$

$$Z = -\frac{1}{\pi}\log\frac{(e^{i\varepsilon_1}-\zeta)(e^{i(3\pi-\varepsilon_1)}-\zeta)\,e^{-2i\pi}}{2(1+\zeta)(\zeta-1)\sin^2\left(\frac{\varepsilon_1}{2}-\frac{\pi}{4}\right)},$$

$$dz = -ik\sqrt{\frac{\pi}{2}}\,\frac{e^{i\left(\frac{3\pi}{4}+\frac{\varepsilon_1}{2}\right)}(-i+\zeta)\,d\zeta}{(e^{i(3\pi-\varepsilon_1)}-\zeta)(e^{i\varepsilon_1}-\zeta)^2\sqrt{\log\frac{(e^{i\varepsilon_1}-\zeta)(e^{i(3\pi-\varepsilon_1)}-\zeta)\,e^{-2i\pi}}{2(1+\zeta)(\zeta-1)\sin^2\left(\frac{\varepsilon_1}{2}-\frac{\pi}{4}\right)}}}.$$

---

(1) -Voir, à ce sujet, les travaux de M. Villat.

Les constantes k et ε_1 se déterminent en écrivant que la largeur d de l'anneau (P_2P_1) est connue, ainsi que son rayon intérieur h. Les lignes de jet (λ_1) et (λ_2) s'obtiennent en intégrant respectivement de $\varepsilon = \pi$ à ε_1 et de 2π à $3\pi - \varepsilon_1$, $\zeta = e^{i\varepsilon}$. Enfin, en faisant tendre h vers l'infini, ε_1 tend vers $3\pi/2$, k vers $4a$, et l'on retrouve le cas du disque de rayon $1/2\,d$.

Les formules précédentes conduisent alors immédiatement à la formule relative au disque, donnée dans la Note citée.

ASTRONOMIE. — *Sur un astrolabe impersonnel.* Note de M. **Henri Chrétien**, présentée par M. Ch. Fabry.

Dans une Note présentée à l'Académie en 1914 j'ai décrit une disposition à donner à l'instrument des hauteurs égales inventé par MM. Claude et Driencourt, afin de faire disparaître l'erreur provenant du changement de mise au point. D'autre part, les travaux de M[me] Chandon sur l'astrolabe à prisme ont montré qu'on pourrait en accroître notablement la précision si l'on pouvait débarrasser les observations d'une *équation personnelle* dont elle a révélé l'existence.

Dans l'instrument dont j'ai exposé le principe au Congrès national d'Astronomie de 1931, puis au Congrès international de Cambridge et dont je présente ici une description plus précise, je me suis proposé de faire disparaître les deux causes d'erreur précédentes.

L'instrument comprend deux éléments essentiels indépendants : l'*astrolabe* proprement dit et un *diasporamètre*, compensateur du déplacement zénital de l'astre.

Afin de réduire au minimum la dimension des prismes du diasporamètre, j'ai adopté pour les deux miroirs de l'appareil décrit en 1914 une disposition différente. Ils forment maintenant un toit à 60°, à plan bissecteur vertical, qui recouvre le bain de mercure. La lunette est disposée horizontalement et vise le point situé à 120° de l'étoile.

Au lieu de l'argenture semi-transparente préconisée antérieurement, le miroir qui est tourné vers la lunette est argenté selon des bandes rectilignes perpendiculaires à l'arête du toit, séparées par des intervalles transparents légèrement plus larges, afin d'égaliser les éclats des deux images.

La moitié de la lumière est ainsi réfléchie directement dans la direction de l'axe optique de la lunette. L'autre partie traverse le support du premier

miroir, se réfléchit une première fois sur le bain de mercure, puis à nouveau sur le second miroir (à argenture pleine ordinaire) qui la renvoie à son tour selon l'axe de la lunette.

Les images qu'on obtient ainsi sont assez fortement diffractées dans le sens horizontal, mais le pouvoir de résolution de la lunette est intégralement respecté dans le plan vertical, ce qui est essentiel. Peut-être même que l'élongation horizontale des images est avantageuse au point de vue de la comparaison des hauteurs. Dans les astrolabes actuellement en usage, le pouvoir séparateur de la lunette est réduit de moitié dans le mauvais sens, bien que, toutefois, chaque image diffractée présente une répartition symétrique de la lumière de part et d'autre d'un axe horizontal.

Dans l'appareil actuellement en construction, le diamètre de l'objectif est de 81^{mm}. Celui des miroirs est de 105^{mm}, largement supérieur au diamètre strictement nécessaire ($93^{mm},5$).

Cette disposition générale permet donc d'envisager la construction facile d'instruments notablement plus lumineux que les astrolabes actuels. La pratique acquise dans la construction des équerres optiques à miroirs pour les grands télémètres de marine procure toute tranquillité quant à la stabilité de l'angle.

Pour rendre l'astrolabe *impersonnel*, il suffit de placer sur le trajet des rayons venant de l'astre, en avant des miroirs, un *diasporamètre* déviant les rayons dans le plan vertical et dont la vitesse de rotation, proportionnelle à l'azimut de la lunette, maintient un instant constante la hauteur de l'astre, en dépit du mouvement diurne. Ce dispositif est indépendant de l'instrument et peut être appliqué à tous les instruments de hauteurs égales, lunette coudée ou astrolabe.

Dans l'appareil en construction, les prismes du diasporamètre produisent isolément une déviation de 15′, de sorte que le déplacement de l'astre en altitude peut être *théoriquement* compensé sur 1°. Évidemment, on n'utilise qu'une fraction de cette étendue, afin de n'avoir pas à s'écarter par trop d'un mouvement de rotation uniforme des prismes. Pratiquement, on peut poursuivre la compensation sur l'intervalle $\mp 15'$ à $\pm 15'$, ce qui correspond au champ de l'astrolabe actuel. Les prismes ont alors un déplacement relatif de 120°; l'amplification angulaire est, de ce fait, de 240. Les contacts électriques peuvent être alors fixés *directement* — c'est-à-dire sans engrenage ni vis tangente intermédiaires — sur les deux plateaux tournants de diamètre convenable (32^{cm}) qui entraînent les prismes. Un millimètre de

déplacement relatif équivaut ainsi à 5″. Des contacts à *déclic*, de construction soignée, peuvent avoir une position de déclenchement fidèle à moins de 1/25ᵉ de millimètre. Une commande différentielle permet à l'observateur de rappeler à chaque instant les images à l'égalité d'altitude.

MESURES ÉLECTRIQUES. — *Premières comparaisons des étalons nationaux de résistance électrique, exécutées au Bureau international des Poids et Mesures*. Note de MM. **A. Pérard** et **M. Romanowski**, présentée par M. Paul Janet.

Les étalons de résistance de la valeur de 1 ohm qui sont entrés dans ces comparaisons sont au nombre de douze : 2 ohms de la Physikalisch-Technische Reichsanstalt de Berlin, R (3751) et R′ (3072); 2 ohms du National Physical Laboratory de Teddington, N (645) et N′ (643) ; 2 ohms du Laboratoire Central d'Électricité de Paris, C (7413) et C′ (3962); 2 ohms de l'Electrotechnical Laboratory de Tokyo, E (2906) et E′ (2905); 4 ohms du Bureau international des Poids et Mesures, I_1 (7247), I'_1 (7246), I_2 (7244), I'_2 (7243). (Très malheureusement les ohms du Bureau of Standards, apportés de Washington au moment du Congrès d'Électricité, n'ont pu nous être laissés.)

Toutes ces résistances, constituées par des bobines de manganine, de modèle à très peu près semblable, ont été transportées à la main de leur Institut d'origine au Bureau international, et depuis leur arrivée sont restées dans une même salle maintenue à la température constante de 20°.

La méthode utilisée pour les comparaisons a été celle du pont double de Thomson, l'équilibre entre les deux résistances du pont étant réalisé par des shunts. Les ohms à comparer se substituaient l'un à l'autre dans la même branche du pont, l'autre branche étant occupée par une résistance-tare. Une mesure n'a jamais eu pour objet que la comparaison directe de deux étalons ; elle comportait quatre observations sur chacun d'eux, et se terminait par l'étalon qui avait commencé la mesure ; la température était lue à chaque observation, sur un thermomètre bien étudié, placé au centre de chaque bobine.

Le pont lui-même, établi par l'Association des Ouvriers en Instruments de précision, comporte quatre résistances de 1000 ohms ajustées au dix-millième. Grâce au galvanomètre Zernicke de Kipp et Fils (type Zd), particulièrement sensible, à sa grande distance de l'échelle où se forme un

spot très net, et au procédé d'observation de ce spot à la loupe, par rapport à un trait sur lequel il était parfaitement centré, l'intensité du courant principal de 0,1 A permettait encore d'apprécier des variations de résistance de 0,1 microhm dans une seule observation, et par suite d'atteindre une précision supérieure au dixième de microhm par la répétition des observations et la compensation entre eux d'un grand nombre de résultats obtenus dans des conditions différentes.

Pour limiter le travail, et pour faciliter les calculs des valeurs les plus probables des résultats, nous avons entre les étalons d'un même laboratoire, désigné l'un comme « primaire »; et nous avons exécuté les comparaisons dans toutes les combinaisons possibles deux à deux des étalons semblables, alors que chaque étalon secondaire a été comparé à trois seulement des étalons primaires.

En raison de la double incertitude où nous étions, et sur les coefficients thermiques de la plupart des ohms qui nous étaient confiés, et sur les variations à craindre de tous, dans le cours du temps, nous avons été conduits à répéter huit fois (quatre fois par observateur aux températures successives, dans l'ordre chronologique, de 19°,7; 20°,3; 20°,3; 19°,7) l'ensemble des comparaisons indiqué ci-dessus; une même comparaison étant toujours exécutée à des températures deux à deux symétriques par rapport à 20°, et à des jours symétriques par rapport à un même jour central moyen.

On a obtenu ainsi : 1° les coefficients thermiques relatifs; 2° les coefficients de variation relatifs dans le temps; 3° les différences de tous les étalons entre eux, obtenues au jour central moyen (30 déc. 1932) de toutes les expériences.

Comme certains laboratoires nous ont communiqué les coefficients thermiques, et que tous nous ont fait savoir les valeurs, qu'eux-mêmes attribuent à leurs propres étalons, soit à une seule date antérieure à nos expériences, soit à deux époques encadrant celle du présent travail, nous avons pu en déduire :

1° Les coefficients thermiques absolus de tous les étalons, qui vont de — 0,8 à + 27,6 microhms par degré;

2° Les coefficients de variation absolus dans le temps, qui s'échelonnent entre — 0,022 et + 0,031 microhm par jour pour les ohms nationaux, et entre — 0,271 et — 0,007 pour les étalons du Bureau international, de fabrication toute récente;

3° La grandeur Ω_m de l'unité moyenne de celles des quatre laboratoires;

et nous avons exprimé en fonction de cette unité, à la date du 30 décembre 1932 :

a. La valeur de chaque étalon :

$R = 1,0000195\,\Omega_m$	$R' = 1,0000943\,\Omega_m$	$E = 1,0000717\,\Omega_m$	$E' = 1,0001713\,\Omega_m$
$N = 0,9999654\,\Omega_m$	$N' = 0,9999141\,\Omega_m$	$I_1 = 1,0000163\,\Omega_m$	$I'_1 = 1,0000128\,\Omega_m$
$C = 1,0000250\,\Omega_m$	$C' = 1,0000465\,\Omega_m$	$I_2 = 1,0000533\,\Omega_m$	$I'_2 = 1,0000480\,\Omega_m$

b. La grandeur de l'unité propre à chaque pays :

Allemagne	$0,9999875\,\Omega_m$	France	$1,0000623\,\Omega_m$
Angleterre	$0,9999763\,\Omega_m$	Japon	$0,9999739\,\Omega_m$

Entre l'unité française et l'unité japonaise de résistance existe donc actuellement un écart qui approche du dix-millième.

Observation de M. **Paul Janet** *au sujet de la Note précédente.*

La Note présentée par MM. A. Pérard et M. Romanowski emprunte un intérêt particulier à ce qu'elle constitue la première publication du Bureau international des Poids et Mesures dans le domaine des Unités électriques. On sait que pendant de très longues années, ce domaine a été exclu de l'activité du Bureau. C'est seulement la Conférence de 1921 qui l'a autorisé à constituer un centre de coordination pour les travaux entrepris dans les différents Laboratoires nationaux sur les unités électriques, et la Conférence de 1927 qui a précisé cette autorisation par la création d'un Comité consultatif des unités électriques auprès du Comité international des Poids et Mesures.

Les résultats présentés par MM. A. Pérard et M. Romanowski confirment avec un très haut degré de précision les résultats des intercomparaisons qui se poursuivent depuis de longues années entre les Laboratoires nationaux. Elles montrent que les différences entre les étalons de l'ohm, conservés au moyen de bobines en fil métallique, s'élèvent à plusieurs cent-millièmes.

Les Laboratoires tiennent compte dans toutes les comparaisons internationales de ces différences qui, d'ailleurs, n'ont aucune importance pour la pratique; on attend, pour faire cesser ce désaccord, la conclusion des recherches entreprises dans un certain nombre des Laboratoires sur la

détermination du rapport entre les unités internationales et les unités absolues. Il sera possible, à ce moment, d'uniformiser les étalons des divers Laboratoires en attribuant à chacun d'eux une valeur exprimée en unités électromagnétiques absolues. Il est certain que, pour cette réforme, le Bureau international des Poids et Mesures aura à remplir un rôle de coordination extrêmement précieux.

PHYSIQUE. — *Sur la vitesse apparente des ondes radioélectriques courtes.* Note de MM. **N. Stoyko** et **R. Jouaust**, présentée par M. Ernest Esclangon.

On détermine la vitesse apparente de propagation des ondes radioélectriques en comparant, par l'intermédiaire de deux stations émettrices de signaux horaires, deux stations réceptrices de ces mêmes signaux.

La vitesse apparente des ondes longues a été déterminée depuis longtemps par cette méthode directe ([1]).

La détermination de la vitesse apparente des ondes courtes (de 15 à 40^m) n'a été possible, jusqu'à ces derniers temps, que par une méthode indirecte consistant à comparer la durée de propagation des ondes courtes et celle des ondes longues entre deux stations. Connaissant la vitesse des ondes longues, on a pu déterminer ainsi celle des ondes courtes. La vitesse apparente trouvée pour ces dernières est égale à 272 700 km/sec $\pm$ 5700 ([2]).

Pour la première fois, pendant le dernier trimestre de 1932, on a pu, au Bureau International de l'Heure, déterminer la vitesse apparente des ondes courtes par la méthode directe. On a reçu pendant ce temps simultanément à Paris et à Buenos-Aires les émissions des signaux horaires de Pontoise ($\lambda = 28^m,35$) et de Monte-Grande ($\lambda = 15^m,35$). La comparaison de ces émissions nous a donné, compte tenu du retard dans les appareils de réception, pour la durée de propagation : $0^s,08191 \pm 0^s,00134$, le chemin étant de 22094^{km} en suivant le grand cercle sur la surface de la Terre. Cela correspond à une vitesse apparente de 269700 km/sec $\pm$ 4400. Cette valeur coïncide assez bien avec la valeur trouvée par la méthode indirecte.

([1]) N. Stoyko, *Sur la mesure du temps et les problèmes qui s'y rattachent*, p. 58-76 (Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1931).

([2]) N. Stoyko, *La vitesse de propagation des ondes courtes* (*Bulletin géodésique*, n° 27, 1930, p. 45).

La propagation des ondes radioélectriques se fait entre le sol et une couche fortement ionisée située à une altitude de 300^{km}. Leur propagation serait assurée par une série de réflexions entre le sol et cette couche ionisée. La vitesse vraie des ondes courtes étant identique à celle de la lumière [1], on aurait donc huit réflexions des ondes entre Paris et Buenos-Aires avec l'angle de 19°,8 entre la direction des ondes et l'horizon.

Par un procédé identique on a mesuré la vitesse apparente des ondes longues pour la même période. Cette vitesse apparente a été trouvée égale à 245000 km/sec.

Cette différence de vitesse entre les ondes longues et les ondes courtes peut s'expliquer par la différence du mécanisme de propagation des deux variétés d'ondes. On admet généralement que, pour les ondes longues, la couche ionisée se comporte comme un conducteur métallique. L'énergie des ondes radioélectriques est donc en quelque sorte canalisée entre deux surfaces électriques et sa propagation peut être assimilée à celle de l'énergie sonore dans un tuyau.

Mais, comme l'a montré pour la première fois H. Poincaré, par suite de la résistance électrique des deux conducteurs du chemin d'onde, le front de celle-ci subit un étalement.

Au poste récepteur, le champ électrique, au lieu de prendre brusquement la valeur correspondant à l'intensité du signal, prendra d'abord une valeur excessivement faible. Puis l'amplitude du champ croissant, il arrivera un moment où cette intensité aura une valeur suffisante pour déclencher les appareils récepteurs, et c'est cet instant qui sera considéré comme celui de l'arrivée du signal.

On voit que, dans ces conditions, on sera amené à trouver pour la vitesse apparente de propagation des ondes longues une vitesse beaucoup plus faible que celle de la lumière et plus faible aussi que celle des ondes courtes.

IONISATION DES GAZ. — *Sur la décharge à haute fréquence dans les gaz.* Note de M. **Th. V. Ionescu** et Mme **Irène Mihul**, présentée par M. A. Cotton.

Les études sur la décharge à haute fréquence dans les gaz ont montré que le potentiel nécessaire à l'entretien de la décharge passe par un minimum pour des fréquences de l'ordre de 10^8 p. s. et des pressions de l'ordre

---

(1) R. Jouaust et N. Stoyko, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1207.

de 10^{-2} mm Hg. Il peut être plus petit que le potentiel d'ionisation. Ce fait n'a pas reçu jusqu'à présent d'explication satisfaisante.

On a montré [1] que les électrons des gaz ionisés ont une période propre de vibrations de l'ordre de 10^8 p. s. Les champs électriques de fréquence voisine peuvent communiquer à ces électrons une énergie plus grande que celle qui est nécessaire pour ioniser le gaz, et ainsi la décharge est entretenue. Partant de ces considérations nous avons commencé à étudier la décharge dans les gaz s'effectuant dans un champ magnétique. Le gaz à étudier était contenu dans un tube de 5^{cm} de diamètre et 20^{cm} de longueur sur lequel étaient collées deux feuilles d'étain de 2×4^{cm} mises en communication avec un oscillateur Mesny.

Lorsqu'on chauffe modérément l'oscillateur, la lumière émise par le tube est faible, elle est concentrée dans la région des électrodes. Pour des chauffages plus intenses le tube s'illumine brusquement et la lumière gagne tout le tube.

Tout se passe comme s'il y avait deux régimes de décharge. Pour mieux les étudier, le tube a été introduit dans un champ magnétique parallèle à l'axe du tube et perpendiculaire au champ électrique de haute fréquence. Le champ magnétique était produit par deux bobines disposées de la manière indiquée par Helmholtz.

Nous avons travaillé avec les longueurs d'onde de 470 à 870^{cm} et pour des pressions comprises entre quelques millièmes et quelques dixièmes de millimètre de Hg; nous avons toujours observé les deux régimes.

a. Dans le *premier* régime en faisant croître le champ magnétique pour de faibles pressions la lumière croît d'abord lentement et disparaît ensuite complètement pour $H = 22$ gauss et $\lambda = 470^{cm}$, et pour $H = 12$ et $\lambda = 870^{cm}$. Pour des pressions plus grandes la lumière décroît lentement et disparaît pour les mêmes valeurs du champ magnétique.

Dès qu'on dépasse ces valeurs la lumière croît rapidement jusqu'à des valeurs dix fois plus grandes qu'en l'absence du champ magnétique. Dans ce cas, si l'on réduit le chauffage de l'oscillateur la décharge s'entretient encore. Si le champ disparaît la décharge s'arrête parce que l'énergie de l'oscillateur est trop petite pour l'entretenir. Ce fait nous montre que le champ magnétique peut diminuer le potentiel nécessaire pour entretenir la décharge dans le tube.

Si l'on continue à accroître le champ magnétique la lumière commence

---

(1) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p, 1008.

par avoir de petites variations pour diminuer plus fortement lorsque le champ atteint 70 gauss.

Les valeurs des champs magnétiques pour lesquelles la lumière diminue fortement ($H = 22$ pour $\lambda = 470^{cm}$ et $H = 12$ pour $\lambda = 870^{cm}$), sont celles pour lesquelles les électrons libres entrent en résonance avec le champ électrique extérieur. Ils décrivent des spirales et leur énergie augmente à chaque tour. De même que les électrons de grande vitesse de l'espace cathodique des tubes Geissler, ils n'excitent pas le gaz.

Un ampèremètre placé sur l'oscillateur montre pour ces valeurs du champ magnétique une puissante absorption d'énergie quoique le gaz n'émette pas de la lumière. Nous rappelons que dans une Note antérieure (1) nous avons montré que les électrons à grande vitesse produisent une plus forte ionisation dans le champ magnétique que s'il n'y avait pas de champ.

b. Dans le *deuxième* régime, bien que le champ électrique de haute fréquence soit plus puissant on n'observe plus les variations caractéristiques du premier régime quand on passe par les valeurs du champ magnétique correspondant à la résonance. Lorsque le champ magnétique augmente, l'intensité augmente de même mais lentement pour diminuer lorsque le champ atteint 40 à 50 gauss, pour des énergies moyennes de l'oscillateur.

Pour des énergies plus fortes, l'intensité de la lumière s'accroît encore pour des valeurs plus grandes que 40 à 50 gauss.

Dans le premier régime, on peut observer très bien, même lorsque la pression est de quelques dixièmes de millimètre de Hg, *le moment où les électrons libres passent par la résonance.*

Dans le deuxième régime pour les mêmes pressions et les mêmes champs magnétiques, on n'observe aucune variation. Tout se passe comme si dans ce régime les électrons n'étaient pas libres. Ce régime présente quelque analogie avec celui où se produit la conductibilité métallique.

SPECTROGRAPHIE DES RAYONS X. — *Raies faibles dans les spectres* K *des éléments* 45 Rh *et* 42 Mo. Note de M. **H. Hulubei** et Mlle **Y. Cauchois**, présentée par M. Jean Perrin.

Les données expérimentales étaient jusqu'ici pratiquement limitées, à partir de l'élément 40 Zr, au schéma simple des raies permises de diagramme.

(1) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1330.

Par contre, pour les éléments plus légers, on a observé, en plus, d'autres raies plus faibles. Leur intérêt réside en ce qu'elles sont dues à des mécanismes d'émission correspondant soit à une transition interdite $\Delta l = 2$ (quadrupôles) soit à une émission par des atomes plusieurs fois ionisés.

Ces raies sont beaucoup plus faibles pour les éléments plus lourds. L'insuffisance des moyens expérimentaux rendant leur étude très difficile sinon impossible. Il est de tout intérêt d'aborder leur recherche à l'aide des moyens expérimentaux plus puissants dont on dispose maintenant. Déjà, le spectrographe à deux cristaux et chambre d'ionisation a permis d'entrevoir et de mesurer certaines de ces raies. Dernièrement Carlsson [1] avec une méthode de focalisation indiquée par l'un de nous [2] confirme, pour le 42 Mo et 47 Ag l'existence de deux types de raies nouvelles.

Nous avons fait une première étude du spectre K du Rh à l'aide d'un spectrographe déjà décrit par l'un de nous [3], et avons pu confirmer certains des résultats antérieurs et en apporter de nouveaux. Les raies que nous donnons (voir tableau) ont paru, avec un temps de pose suffisant, dans différents ordres sur tous nos clichés. Nous avons employé successivement deux lames de gypse courbées sous 20cm de rayon, les plans réflecteurs étant 001 et 101. Avec un bon cristal, la finesse des raies est très grande [dans le deuxième ordre, la séparation $\beta_1 - \beta_3$ (0,6 U. X.) est totale, malgré le faible rayon de courbure].

TABLEAU. — Rh K.

	λ U. X.	ν/R.	
β_4. Nous	533,11	1709,35	$K - N_{IV,V}$ { $K\alpha_1 + L\beta_2 = 1710,02$; $K\alpha_2 + L\gamma_1 = 1709,97$ }
β_5. Nous	540,12	1687,16	{ $K - M_{IV} = K\alpha_1 + L\alpha_2 = 1687,24$; $K - M_V = K\alpha_1 + L\alpha_1 = 1687,57$ }
» Ross (β_4)	539,81	1688,13	
Ross (β_5)	542,87	1678,61	
Nous	542,92	1678,46	
β_0. Nous	548,23	1662,20	$K - M_1$ { $K\alpha_1 + Ll = 1663,96$; $K\alpha_2 + L\eta = 1663,99$ }

Valeur adoptée pour R : 109737.

β_4. Non observée jusqu'ici. Elle correspond très probablement au pas-

(1) CARLSSON, *Zts. f. Phys.*, 80, 1933, p. 604.
(2) Y. CAUCHOIS, *Journ. de Phys.*, 7e série, 3, 1932, p. 320.
(3) Y. CAUCHOIS, *Journ. de Phys.*, 7e série, 4, 1932, p. 61.

sage interdit $K - N_{IV,V}(\Delta l = 2)$, passage justifié aussi par l'existence d'une raie analogue dans le Mo, Pd, Ag [voir (1)].

Notre mesure fixerait la valeur du niveau $N_{IV,V}$ à

$$N_{IV,V} = K - 1709,35 = 0,25,$$

alors que des spectres d'émission actuellement connus, la valeur de ce niveau a les valeurs négatives inadmissibles

$$N_{IV} = K - (K\alpha_2 + L\gamma_1) = -0,37, \qquad N_V = K - (K\alpha_1 + L\beta_2) = -0,42,$$

β_4 est parfaitement séparée de β_2.

Remarquons, à cette occasion, que la raie $\beta_2 = K - N_{II,III}$ présente sur nos clichés, dans les ordres supérieurs, un léger étalement vers les grandes ondes, ce qui fait pressentir son dédoublement.

β_5. Observée aussi par Ross (1) (double cristal, chambre d'ionisation). Raie interdite $(\Delta l = 2)$.

Entre β_5 et β_1, on devine encore plusieurs raies, dont une a pu être mesurée sur tous nos clichés avec une très bonne concordance. Elle semble coïncider avec la raie (β_5), publiée par Ross (2). Nous attendons des mesures plus précises pour essayer une interprétation.

β_0. Pour des poses suffisamment longues, au delà de 4 heures (10 millis, 50 kv), elle est assez nette pour en donner une première mesure. Son $\nu/R(1662,20)$ est plus petit que $K - M_1(1664)$. Cet écart nous semble dépasser les erreurs de mesure. Peut-être faudrait-il admettre qu'elle est émise par un atome doublement ionisé, ce qui entraînerait un accroissement du niveau M_1. Déjà Beuthe (3) a observé pour les éléments légers (de 23V à 32Ge) une raie (η) qui semble analogue à la nôtre et qui conduit systématiquement à une valeur pour M_1 également plus grande. Nous avons pu trouver la même raie dans le spectre K du Mo après une pose de 6 heures (15 millis, 50 kw) :

	λ U. X.	ν/R.	
β_0..........	635,65	1433,60	$K - M_1 = K\alpha_2 + L\eta = 1435,84$

Ici encore l'écart est dans le même sens que pour le Rh. Naturellement, nos clichés relatifs au Mo montrent tous les raies interdites β_4 et β_5. De plus,

(1) Ross, *Phys. Rev.*, 39, 1932, p. 536.
(2) Ross, *Phys. Rev.*, 39, 1932, p. 748.
(3) Beuthe, *Zts. f. Phys.*, 60, 1930, p. 603.

nous avons mesuré une raie faible (628,95) qu'il faut sans doute rapprocher de celle indiquée par Ross (1).

D'ailleurs, toutes ces raies avaient déjà été enregistrées par l'un de nous, au cours des poses très longues que nécessitait la recherche de l'absorption partielle.

BIRÉFRINGENCE MAGNÉTIQUE. — *Biréfringence magnétique de quelques sels du cérium en solution aqueuse et non aqueuse*. Note de M. C. **Haenny**, présentée par M. A. Cotton.

La biréfringence magnétique que présentent les terres rares sous la forme de sels d'acides forts en solution aqueuse est une propriété nouvelle d'électrolytes forts. Chinchalkar (2) a voulu l'expliquer dans le cas du nitrate céreux en admettant la dissociation totale, en la considérant comme une propriété purement ionique. J'ai commencé à rechercher comment pouvait varier cette biréfringence du cérium lorsqu'on fait varier la concentration en métal et celle en acide libre. Je me suis occupé de trois sels d'acides forts : les nitrate, chlorure et sulfate céreux dont j'ai préparé des solutions dans l'eau et dans l'alcool.

Les mesures ont été faites dans le champ du gros électro-aimant de l'Académie, à Bellevue, dans les mêmes conditions que précédemment (3), à la température du laboratoire : elle a pu osciller, pendant la période qu'ont duré ces mesures, de 15° à 20°, mais sa valeur moyenne a été de 17° C.

Les solubilités dans l'eau du nitrate et du chlorure céreux ont permis la mesure de ces biréfringences dans des domaines assez étendus de concentration. Dans les deux cas les valeurs obtenues ne sont pas proportionnelles aux concentrations exprimées en grammes de cérium par centimètre cube de solution. Les courbes qui traduisent ces variations sont convexes par rapport à l'axe suivant lequel on porte ces teneurs. Les chlorure et sulfate céreux ont des biréfringences magnétiques du même ordre de grandeur, le nitrate donne lieu, par contre, à des biréfringences plus fortes, dans ces conditions de température tout au moins.

---

(1) *Loc. cit.*
(2) S. W. Chinchalkar, *The Indian Journal of Physics*, 6, 1931, p. 581.
(3) Ch. Haenny, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 219.

J'ai voulu déceler d'une manière certaine et simple l'action d'une addition d'acide nitrique faite à une solution aqueuse de nitrate céreux. Pour cela, j'ai fait évaporer une solution de nitrate céreux, après en avoir noté la biréfringence magnétique, jusqu'à réduire son volume de moitié. Cette solution concentrée a été partagée en deux parts égales, qu'on a diluées en ajoutant également à chacune d'elles exclusivement de l'eau ou de l'acide nitrique concentré, en quantités telles que la somme des volumes des deux solutions soit égale au volume de l'ancienne solution, avant évaporation. Les biréfringences magnétiques de ces deux solutions diffèrent l'une de l'autre de 38 pour 100. Tandis que la première présente la même biréfringence que la solution primitive, la biréfringence de la seconde a diminué de 0°,525. Cet abaissement produit par l'acide nitrique libre ajouté est bien supérieur à celui qui ne correspondrait qu'à un effet soustractif simple dû à la biréfringence magnétique de l'acide, biréfringence de signe opposé à celle du sel étudié. L'état d'oxydation du cérium n'a pas changé au cours de ces manipulations, et l'on ne saurait par là, pas plus qu'en invoquant des variations de température inférieures à 0°,2 C., expliquer la différence observée. La biréfringence magnétique d'une solution saline peut donc, comme d'autres propriétés d'électrolytes, être modifiée notablement par la présence d'un excès de l'acide qui forme le sel.

Les solutions dans l'alcool éthylique du nitrate et du chlorure céreux sont également douées d'une forte biréfringence magnétique. Le premier de ces deux sels n'étant pas anhydre, les solutions étudiées contenaient quelques pour-cent d'eau.

Si l'on oxyde du nitrate céreux dont la solution aqueuse fortement nitrique présente une biréfringence magnétique notable, la solution de nitrate cérique ainsi obtenue n'a plus qu'une biréfringence magnétique extrêmement faible. Le moment magnétique des sels cériques étant également beaucoup plus petit que celui des sels céreux, l'existence d'une forte biréfringence magnétique paraît être liée, dans ce cas, à la grandeur du moment. Ainsi, *pour le cérium*, la biréfringence magnétique et le paramagnétisme résulteraient essentiellement de la présence de l'électron que l'oxydation détache de l'ion céreux.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur la diffusion des électrons par les atomes.* Note de M. **Jacques Winter**, présentée par M. M. de Broglie.

On considère une onde de de Broglie $e^{-ikr\cos\theta}$ se propageant dans la direction $\theta = 0$ et l'on cherche l'influence sur cette onde d'une sphère de potentiel S_0 (rayon r_0), où le potentiel a la symétrie sphérique [1].

On peut décomposer l'onde plane par la formule de Rayleigh,

$$e^{-ikr\cos\theta} = \sum_n (-i)^n \sqrt{\frac{\pi}{2kr}}(2n+1) J_{n+\frac{1}{2}}(kr) P_n(\cos\theta)$$

et faire la remarque suivante : Soit une fonction de la forme

$$\Psi = \sum_n \frac{1}{\sqrt{r}} \left\{ a_n H^{(1)}_{n+\frac{1}{2}}(kr) + b_n H^{(2)}_{n+\frac{1}{2}}(kr) \right\} P_n(\cos\theta)$$

$\left(H^{(1)}_{n+\frac{1}{2}}, H^{(2)}_{n+\frac{1}{2}}\right.$ fonctions de Hankel$\left.\right)$. Le flux total, traversant une sphère S, de centre O et de rayon infiniment grand a pour valeur

$$\iint_S \frac{eh}{4\pi i m}\left(\Psi \frac{\partial \Psi^*}{\partial n} - \Psi^* \frac{\partial \Psi}{\partial n}\right) ds = \frac{4eh}{m\pi} \sum_n \left\{ |b_n|^2 - |a_n|^2 \right\}.$$

Chaque fonction de Hankel $H^{(1)}_{n+\frac{1}{2}}$ de l'onde plane incidente, qui correspond à un certain flux convergent n'est donc pas modifiée par la présence de la sphère de potentiel. Ce flux devra également se retrouver dans l'expression de la fonction d'onde cherchée sous forme de flux divergent. En effet, il ne peut y avoir ni émission, ni absorption de flux au centre, puisque la fonction d'onde correspondant à la zone sphérique intérieure y est régulière et les conditions de continuité sur la sphère S_0 (Ψ et $\partial\Psi/\partial n$ continus) reviennent précisément à exprimer la continuité du flux.

Donc le seul effet possible de la sphère de potentiel sera de déphaser les coefficients des fonctions $H^{(2)}_{n+\frac{1}{2}}$ par rapport à ceux des fonctions $H^{(1)}_{n+\frac{1}{2}}$ dans l'expression de l'onde plane $[J_n = 1/2(H^{(1)}_n + H^{(2)}_n)]$. Ce résultat a déjà été obtenu par le calcul.

---

(1) Allis et Morse, *Zeitschrift für Physik*, 70, 1931, p. 567; Condon, *Review of Modern Physics*, 3, 1931, p. 43; Morse, *Review of Modern Physics*, 4, 1932, p. 577; L. de Broglie, *Annales de l'Institut Poincaré*, 3, 1933, p. 349.

Étudions maintenant la répartition du flux sur la sphère S.

Nous pouvons, pour simplifier, faire l'hypothèse suivante : le rapport r_0/λ (¹) est assez petit pour que l'on puisse négliger l'ensemble de tous les déphasages δ_n par rapport à δ_0.

1° *Flux non perturbé traversant une couronne* $(\theta, \theta + d\theta)$. — Son expression est, en négligeant le facteur $eh/4mk^2$,

$$\text{(I)} \qquad \Phi = \left\{ \sum_n \sum_{n'} a_n a_{n'}^* e^{-i(\chi_n - \chi_{n'})} P_n(\cos\theta) P_{n'}(\cos\theta) - \sum_n \sum_{n'} a_n a_{n'}^* e^{+i(\chi_n - \chi_{n'})} P_n(\cos\theta) P_{n'}(\cos\theta) \right\} \sin\theta \, d\theta$$

avec

$$a_n = (-i)^n (2n+1), \qquad \chi_n = Kr - \left(\frac{n+1}{2}\right)\pi,$$

d'où

$$\Phi = \left\{ \sum_n \sum_{n'} (2n+1)(2n'+1) P_n(\cos\theta) P_{n'}(\cos\theta) - \sum_n \sum_{n'} (-1)^{n+n'} (2n+1)(2n'+1) P_n(\cos\theta) P_{n'}(\cos\theta) \right\} \sin\theta \, d\theta.$$

2° *Introduction du déphasage* δ_0. — Il n'agira que sur les flux provenant des $H^{(2)}$ et sur les facteurs où un seul des deux indices n ou n' sera égal à 0. Son effet sera toujours de multiplier le terme en question par $\cos\delta_0$. Le flux supplémentaire sortant produit par l'action de la sphère de potentiel vaudra donc (θ variant de θ_1 à θ_2)

$$2(\cos\delta_0 - 1) \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sum_{n=1}^{\infty} (2n+1) P_n(\cos\theta) \sin\theta \, d\theta = 2(\cos\delta_0 - 1) I_{\theta_1}^{\theta_2}.$$

Or on a (propriétés connues des polynomes P) :

1° $\qquad P'_{n+1}(x) - P'_{n-1}(x) = (2n+1) P_n(x);$

2° $\qquad P_n(1) = 1, \qquad P_n(-1) = (-1)^n,$ quel que soit n;

3° $\qquad P_n(x) \to 0$ si $n \to \infty$ pour $-1 < x < 1$.

Ceci résulte de l'équation de normalisation

$$\int_{-1}^{+1} P_n^2(x) \, dx = \frac{2}{2n+1}.$$

(¹) λ longueur d'onde des électrons incidents.

D'où

$$\text{(II)}\qquad \begin{cases} I_{\theta_1}^{\theta_2} = \cos\theta_2 - \cos\theta_1 & \text{si } \theta_1 \neq 0, \\ I_0^{\theta_2} = \cos\theta_2 + 1. \end{cases}$$

Conclusion. — Le'ffet de la sphère de potentiel sera donc de superposer du flux incident :

1° Un flux divergent isotrope, d'intensité proportionnelle à $(1 - \cos\delta_0)$.

2° Un contre-flux, opposé au flux incident, dont l'intensité est égale à celle du flux divergent, qui perce la sphère S au point $\theta = 0$, et qui est donc contenu dans un cône d'angle au sommet nul, quoique étant d'intensité finie.

La formule (I) n'est qu'asymptotique, mais les formules (II) sont rigoureuses. On peut donc en conclure que le contre-flux se comportera comme une sorte de flux en aiguille.

L'introduction des déphasages d'ordres supérieurs ne modifiera pas essentiellement ces résultats : L'expression du flux continu en fonction de θ se compliquera ; chaque déphasage δ_n augmentera l'intensité du flux en aiguille de $2(2n+1)(1 - \cos\delta_n)$.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Effet non additif de radiations différentes sur les piles à l'oxyde de cuivre.* Note de M. **Charles Lapicque**, présentée par M. Jean Perrin.

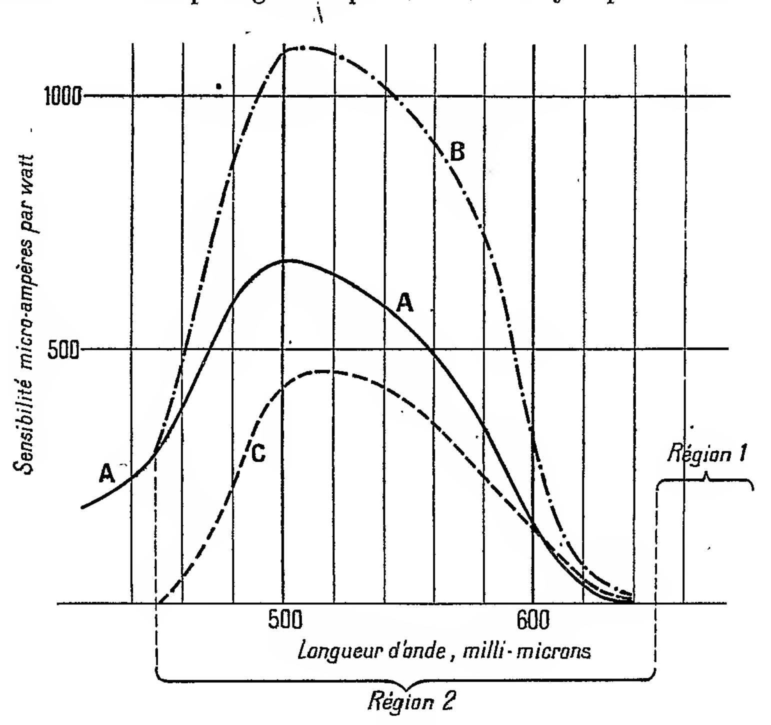
1. J'ai étudié antérieurement, avec P. Auger, la sensibilité des piles photoélectriques au protoxyde de cuivre [1]. La sensibilité, définie comme le rapport du courant que provoque une radiation monochromatique, à la puissance de cette radiation, est représentée en fonction de la longueur d'onde par la courbe A, pour une pile-type recouverte d'une mince couche d'or par pulvérisation cathodique. Poursuivant l'étude optique de ces piles j'ai cherché à prévoir, connaissant la courbe A, le courant qui serait fourni par un rayonnement complexe connu en supposant l'addition pure et simple des effets des diverses radiations le composant. Or des vérifications précises ont pu être faites sur des rayonnements de lampes à incandescence, et ont montré qu'il n'est pas possible de prévoir ainsi le courant obtenu.

---

(1) P. Auger et Ch. Lapicque. *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 319.

Particulièrement, bien que la sensibilité monochromatique soit toujours très faible pour les longueurs d'onde supérieures à 650$^{m\mu}$ (elle n'est pas figurable sur le graphique), il n'est pas possible de négliger l'action de la partie d'un rayonnement complexe formée de telles longueurs d'onde.

2. Cherchant la cause de cette anomalie, j'ai constaté que si une radiation L_1 de longueur d'onde supérieure à 650$^{m\mu}$, produit, agissant seule, un courant i_1 ; et une radiation L_2, de longueur d'onde comprise entre 450 et 650$^{m\mu}$, agissant seule, un courant i_2, les deux radiations agissant ensemble produisent un courant plus grand que $i_1 + i_2$. Il n'y a pas addition simple



des effets de ces deux radiations, il existe un effet supplémentaire positif. Le courant i_1 peut être négatif (¹), il y a néanmoins effet supplémentaire positif par rapport à la valeur algébrique de $i_1 + i_2$. Enfin, par superposition sur la pile de deux radiations autres qu'une de la région 1 et une de la région 2, il n'a pas été observé d'effet supplémentaire.

3. La sensibilité à une radiation L_2 de la région 2 peut être considérée

(¹) En raison d'un effet photoélectrique inverse qui se produit dans cette région du spectre : voir la Note déjà citée.

comme accrue par la présence d'une radiation L_1 de la région 1. La sensibilité à une radiation L_2 de puissance W_2, en présence d'une radiation L_1 qui seule fournirait un courant i_1, peut alors être mesurée par le rapport $i-i_1/W_2$ si i est le courant total observé. La courbe B représente une telle sensibilité, accrue par l'action d'un rayonnement L_1 de puissance répartie à peu près uniformément entre 650 et environ $2500^{m\mu}$ (¹). Dans ces expériences, la surface de la pile a été éclairée entièrement et uniformément par chacune des radiations L_1 et L_2.

4. La courbe C représente la sensibilité supplémentaire $i-(i_1+i_2)/W_2$. Cette sensibilité supplémentaire varie beaucoup d'importance d'une pile à l'autre, mais non de forme ni d'emplacement dans le spectre.

Particulièrement, elle débute de façon nette vers $450^{m\mu}$, à l'endroit où la courbe de sensibilité ordinaire A présente toujours un coude semblant indiquer la superposition de deux effets photoélectriques, l'un général, l'autre plus sélectif. Ce dédoublement paraît ainsi confirmé : l'effet le plus sélectif serait amplifié par la présence de la radiation L_1 et l'autre pas. Enfin le caractère nettement sélectif de cette sensibilité supplémentaire ne permet pas de l'attribuer à une simple variation de résistance intérieure de la pile.

EFFET PHOTOÉLECTRIQUE. — *Effet photoélectrique dans les monocristaux de cuprite.* Note (²) de M. **R. Deaglio**, présentée par M. A. Cotton.

Sur l'effet photoélectrique intérieur (Kristallphotoeffekt de Dember) (³) dans les cristaux de cuprite, j'ai exécuté les expériences suivantes, dans le but de fixer la nature du phénomène.

1. Une cellule photoélectrique est obtenue par une lame du monocristal de cuprite (cristaux de Chessy) en formant sur les surfaces A_1A_1, A_2A_2 de cette lame, par évaporation dans le vide, des films métalliques d'or. Il suffit d'insérer la cellule dans un circuit avec un galvanomètre (*fig.* 1) pour observer très simplement l'effet Dember.

(¹) La puissance de L_1 a été de 3,5 watts, environ 1000 fois celle de chacune des bandes monochromatiques L_2; on avait alors des courants i_1 et i_2 de même ordre de grandeur.

(²) Séance du 24 avril 1933.

(³) H. Dember, *Phys. Zeits.*, 32, 1931, p. 554; et 33, 1932, p. 207.

La cellule illuminée soit dans le sens $X_1 X_2$, soit dans le sens $Y_1 Y_2$, donne un courant qui dans le circuit extérieur va du côté éclairé au côté sombre ; c'est-à-dire qu'il y a un mouvement d'électrons dans l'intérieur du cristal dans le sens de la propagation de la lumière. On obtient des courants de l'ordre de 10^{-7} ampère pour la lumière concentrée d'une lampe de 25 bougies. J'indique, sans entrer dans les détails, que les conditions de l'expérience ont été choisies de telle façon que l'on doit exclure que le courant observé soit d'origine thermoélectrique, ou qu'il s'agisse de phénomènes photoélectriques de « Sperrschicht » à la surface ou dans l'intérieur du cristal.

2. Un monocristal de cuprite travaillé en forme de parallélépipède, doré sur les surfaces $A_1 A_1$, $A_2 A_2$ (*fig.* 2), est éclairé dans la région cen-

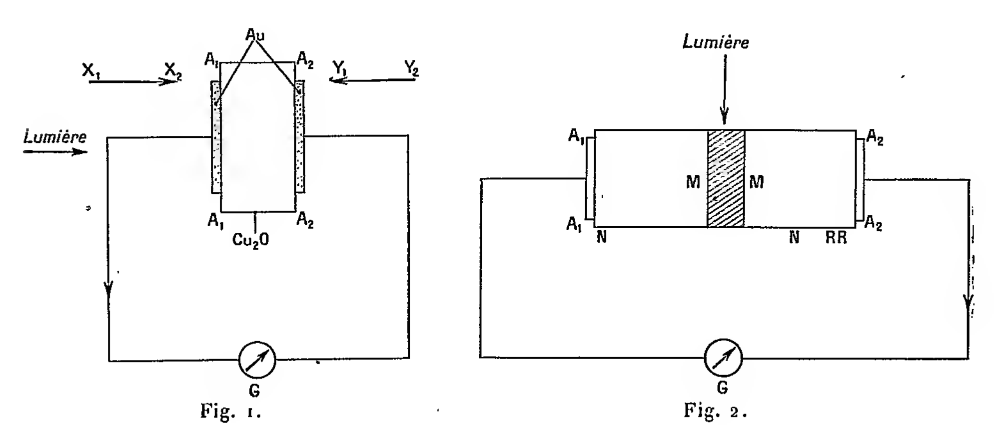


Fig. 1. Fig. 2.

trale MM avec un faisceau de lumière parallèle aux deux surfaces dorées. Dans ces conditions de symétrie apparente, la cellule donne encore un courant ; ce courant a une intensité dépendant de la région MM éclairée, et l'on peut obtenir des valeurs du courant qui ne diffèrent pas beaucoup de la valeur du courant que la même cellule donne par éclairage longitudinal (*fig.* 1). Le courant garde un sens constant lorsque la lumière balaie une grande région NN du cristal, et c'est seulement lorsqu'on éclaire la partie RR du cristal au voisinage de $A_2 A_2$ que le courant change de sens. Le sens du courant, lorsque le pinceau de lumière est dans la région RR, est indiqué dans la figure 2.

Ces résultats permettent avant tout de conclure que la cuprite éclairée n'est pas complètement homogène, même si dans l'expérience de la figure 1 on observe un effet Dember pratiquement symétrique.

Mais l'existence du courant photoélectrique par l'éclairage transversal enlève toute valeur aux explications électroniques proposées par Dember.

On est plutôt conduit à admettre que la cuprite éclairée acquiert une conductivité qui, du moins en partie, a un caractère électrolytique.

3. L'expérience suivante a pour but de mettre en évidence l'existence de l'électrolyse dans la cuprite éclairée. La cellule 1 (*fig.* 3), formée et

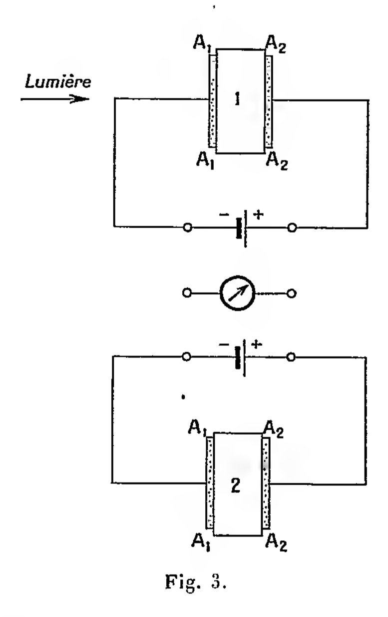


Fig. 3.

éclairée comme dans l'expérience de la figure 1, est parcourue par un courant de l'ordre de 2.10^{-6} ampère fourni par la source E. S'il y a électrolyse, on pourra s'attendre à un dépôt d'ions métalliques (de cuivre) sur la cathode $A_1 A_1$; l'épaisseur métallique de l'électrode $A_1 A_1$ devra augmenter et l'effet photoélectrique diminuer avec le temps.

L'expérience a complètement confirmé cette prévision : la cellule 1 éclairée en permanence et parcourue par le courant a donné un effet photoélectrique qui s'est réduit asymptotiquement à zéro. Au bout de deux jours l'effet n'était plus que le tiers de l'effet initial, au bout de six jours il en était seulement la dixième partie. La cellule 2 parcourue par un courant de même densité mais gardée dans l'obscurité n'a présenté au bout des mêmes périodes de temps aucune diminution de l'effet photoélectrique.

Les résultats sont d'une telle netteté qu'ils confirment l'hypothèse d'après laquelle l'effet photoélectrique trouvé par Dember serait tout simplement une conséquence de la propriété de la cuprite d'acquérir une conductivité électrolytique lorsqu'elle est éclairée.

PHOSPHORESCENCE. — *Liaison entre les deux méthodes générales de préparation du sulfure de zinc phosphorescent.* Note de M. **R. Coustal**, présentée par M. J. Perrin.

On sait que les différents procédés de préparation du sulfure de zinc phosphorescent se ramènent à deux types.

1° L'ancienne méthode de cuisson au four.

2° La nouvelle méthode par explosion.

Dans la première méthode, on chauffe à l'abri de l'oxygène et à une température de l'ordre de 1200° un sulfure de zinc pur obtenu par voie humide et auquel on a incorporé une trace d'un sel alcalin à titre de fondant et une faible trace d'un sel de cuivre ou de manganèse à titre de phosphorogène.

Dans la deuxième méthode, on utilise la réaction explosive directe de zinc et de soufre en poudres impalpables et spectroscopiquement purs avec, facultativement, adjonction d'anhydride borique à titre de fondant, mais sans qu'aucune trace de phosphorogène ne soit nécessaire. La température de la réaction dépasse 3000°, et c'est sans doute la raison pour laquelle le phosphorogène devient inutile.

J'ai montré, en effet, dans ma Thèse de doctorat (1931), qu'à mesure que la température de préparation augmente, l'optimum de concentration en phosphorogène diminue.

J'ai réussi dernièrement à combler la lacune qui subsistait entre les deux méthodes de préparation, en réalisant la fusion du sulfure de zinc sous une pression de 160^{kg} d'azote et à une température de 2000° environ.

J'ai utilisé pour cela un four spécialement construit par M. Culmann.

J'ai obtenu par ce moyen un sulfure de zinc phosphorescent avec un optimum de concentration en phosphorogène cuivre d'environ 10^{-5}.

En l'absence d'adjonction délibérée de cuivre, le sulfure avait encore une faible phosphorescence, mais les conditions de l'expérience excluaient la certitude d'une pureté rigoureuse. Si l'on rapproche cet optimum de ceux que j'avais publiés pour les anciens sulfures, on voit que la loi de diminution de l'optimum lorsque la température augmente est confirmée; on a, en effet :

Pour une préparation à 800°, un optimum de 10^{-4}; 1200°, un optimum

de 7.10^{-5}; 1400°, un optimum de 3.10^{-5}; 2000°, un optimum de 10^{-5}; 3000°, un optimum de o.

L'étude du nouveau sulfure, aux points de vue de sa structure cristalline et de ses propriétés phosphorescentes est en cours.

PHOTOGRAPHIE. — *Sur une nouvelle méthode de prise de photographies aériennes dans les climats tropicaux.* Note de M. **Poidebard**, présentée par M. Georges Perrier.

Au cours de nombreuses reconnaissances aériennes effectuées en Syrie, depuis 1925, en vue de recherches géologiques, archéologiques et hydrologiques, j'ai rencontré, dans les heures médianes de la saison chaude, les plus grandes difficultés pour obtenir de bons clichés panoramiques non voilés, et même pour distinguer des détails du terrain (pistes, routes anciennes, puits, etc.).

Aux heures favorables pour ces reconnaissances, la lumière éblouissante réfléchie par le sol (steppe calcaire à végétation desséchée, épanchements volcaniques et pierres basaltiques, entremêlés de marne blanche et de sable dans les bas-fonds) est encore renforcée par la *brume de sable* qui suit toujours, dans ces climats, les jours de vent plus ou moins violent.

Cette brume de sable se présente, sous l'éclairement brutal du soleil, comme une atmosphère brillante à travers laquelle les détails du sol s'estompent pendant que les teintes générales s'adoucissent, tournant au mauve, les ombres au bleu azuré.

De plus, au voisinage des oasis et des régions cultivées qui bordent le désert, l'effet de cette brume de sable est souvent modifié par une *brume d'humidité* qui contribue à empâter l'atmosphère. Mais, alors que la brume de sable agit sur l'émulsion photographique comme un violent réflecteur de la lumière solaire qui contribue surtout à voiler les clichés, la brume d'humidité, au contraire, absorbe, diffuse et transmet sélectivement les diverses radiations.

Après avoir étudié d'une façon systématique l'influence de ces diverses difficultés et leurs causes, j'ai été conduit à orienter la reconnaissance aérienne à l'inverse de ce qui se fait en général, c'est-à-dire à observer ou à photographier à basse altitude, et surtout *à contre-jour*.

Déjà, avec le concours des excellents pilotes du 39e Régiment d'Aviation,

j'avais réussi, depuis 1929, à effectuer de fructueuses observations visuelles, l'avion volant face au soleil et assez bas (80 à 200^m), l'observateur étudiant le terrain au-dessous du plan inférieur de l'avion, légèrement à droite ou à gauche de l'axe de vol : c'est ainsi qu'on a pu retrouver, en juillet 1932, les traces d'une ancienne route romaine restée jusqu'à présent invisible et qui purent être observées à contre-jour sur une longueur de 60^{km} environ.

Pendant l'été 1932, j'ai entrepris l'application du procédé à la photographie aérienne panoramique.

Les sites à photographier furent choisis d'avance sur des terrains connus pour leur réverbération particulièrement brutale. Les essais furent effectués avec des plaques orthochromatiques ordinaires antihalo, sans écran jaune à l'objectif, l'emploi d'un écran étant toujours très délicat dans ces éclairements variables, et en utilisant un appareil photographique réglementaire 13×18 Demaria-Lapierre, focale 26^{cm}, objectif diaphragmé à $f/16$, vitesse maxima de l'obturateur de plaque, avec un demi-centimètre de fente au rideau.

Plusieurs groupes de photographies furent pris dans des directions différentes par rapport à l'azimut du soleil, mais toujours en maintenant l'altitude de vol entre 80 et 200^m.

Les résultats de ces premières expériences ont été tout à fait concluants : alors que des clichés pris le dos au soleil sont nettement voilés, les photographies prises à contre-jour portent encore la trace d'une légère surexposition due, vraisemblablement, à ce qu'on n'a pas suffisamment diaphragmé l'objectif; mais il n'y a plus aucune trace de voile, et toutes les plaques donnent de bonnes épreuves au tirage sur papier contraste, la plupart ayant l'apparence de clichés pris avec un éclairage normal et faible soleil.

Cette nouvelle méthode de reconnaissance en climat tropical, ainsi établie à la suite de patientes recherches effectuées grâce au concours des officiers du 39e Régiment d'Aviation, fera l'objet de prochaines expériences systématiques, en utilisant concurremment des plaques orthochromatiques ordinaires et des plaques spéciales (notamment plaques sensibles à l'infrarouge).

Le programme de ces essais définitifs est actuellement étudié par le Service de la Photographie aérienne du Ministère de l'Air, qui a récemment attiré l'attention des divers utilisateurs (Aviation militaire et Services coloniaux) sur l'intérêt de ces reconnaissances panoramiques à basse altitude et à contre-jour, tant pour l'étude des anciennes organisations romaines de

nos Colonies tropicales que pour l'exécution des missions purement militaires et pour les recherches hydrologiques destinées aux améliorations agricoles dans les terrains désertiques.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la répartition du radium dans la précipitation fractionnée du chlorure de baryum radifère*. Note de Mme **Branca Edmée Marques**, présentée par M. Jean Perrin.

Depuis que Mme P. Curie a introduit la méthode de cristallisation fractionnée pour l'enrichissement graduel des mélanges de sels de Ba-Ra du même anion, plusieurs auteurs ont cherché à établir des lois applicables à la distribution du radium entre la phase solide et liquide, dans le cas de fractionnement par cristallisation ou par précipitation. Les recherches faites par voies différentes ont conduit à des conclusions qui ne sont pas toujours concordantes.

Le but de ce travail est d'étudier le fractionnement par la précipitation du chlorure de baryum radifère, par l'acide chlorhydrique pur et concentré.

La méthode consiste à précipiter des quantités successivement croissantes de chlorure de baryum radifère à l'état de poudre cristalline très fine, en partant de solutions de concentration initiale connue en baryum et en radium. On détermine ensuite, avec une grande précision, les quantités de baryum et de radium qui se trouvent dans la phase solide cristalline et dans la phase liquide. Cette méthode de précipitation présente l'avantage de permettre l'étude du phénomène dans de plus larges limites que certaines autres méthodes. On a pu ainsi précipiter facilement jusqu'à 92,67 pour 100 de baryum et 98,65 pour 100 de radium.

Expériences. — Dans toute une série d'expériences, la concentration de baryum et celle de radium ont été maintenues constantes, en partant toujours du même poids de carbonate de baryum radifère qui avait été préparé par une méthode spéciale [1] pour que le radium soit réparti dans le sel d'une manière uniforme. Tous les dosages de radium ont été faits par la méthode de l'émanation dégagée [2], et les mesures de l'ionisation produite par celle-ci ont été faites par le procédé électrométrique de compensation par le quartz piézo-électrique. Le poids de chlorure de baryum qui est

---

(1) Yovanovitch et Mlle Chamié, *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 266.

(2) Mme P. Curie, *Traité de Radioactivité*, 1, 1910, p. 283.

resté dans les deux phases a été déterminé à l'état anhydre. La précaution a été prise d'opérer toujours dans un thermostat à température constante, 20° ± 0,2.

Résultats. — Les résultats sont réunis dans les tables, où K_e, K_f et λ ont respectivement la signification suivante :

$$K_e = \frac{\text{Ra } \%}{\text{Ba } \%} \text{ dans les cristaux}, \qquad K_f = \frac{\dfrac{\text{Ra } \%}{\text{Ba } \%} \text{ dans les cristaux}}{\dfrac{\text{Ra } \%}{\text{Ba } \%} \text{ dans la solution}} \quad (^1),$$

$$\lambda = \frac{\log \dfrac{\text{Ra sol. avant la précipitation}}{\text{Ra sol. après la précipitation}}}{\log \dfrac{\text{Ba sol. avant la précipitation}}{\text{Ba sol. après la précipitation}}} \quad (^2).$$

Les expériences du Tableau II diffèrent de celles du Tableau I par le seul fait qu'elles ont été faites sur des solutions plus diluées en baryum et en radium, mais le rapport entre les quantités de ces éléments est resté le même. Dans les expériences du Tableau III, ce rapport a changé parce que la teneur en radium du chlorure de baryum de ces solutions ne faisait que 1/10e de celle des expériences précédentes.

TABLEAU I.

Ba pour 100 dans les cristaux.	Ra pour 100 dans les cristaux.	K_e.	K_f.	λ.
6,28	20,26	3,23	3,78	3,48
7,26	22,22	3,06	3,65	3,34
8,43	26,00	3,08	3,82	3,42
10,92	31,91	2,92	4,25	3,51
12,86	37,56	2,92	4,08	3,43
19,84	52,96	2,67	4,56	3,41
26,85	59,88	2,23	4,06	2,92
30,24	66,13	2,19	4,51	3,00
44,01	79,66	1,81	4,98	2,75
53,97	84,25	1,56	4,56	2,38
61,48	88,91	1,45	5,04	2,31
72,30	92,56	1,28	4,78	2,02
85,63	96,76	1,13	5,01	1,77
92,67	98,65	1,06	5,78	1,65

(1) HENDERSON et KRACEK, *J. Amer. Chem. Soc.*, **49**, 1927, p. 738.
(2) DOERNER et HOSKINS, *J. Amer. Chem. Soc.*, **47**, 1925, p. 662.

TABLEAU II.

Ba pour 100 dans les cristaux.	Ra pour 100 dans les cristaux.	K_e.	K_f.	λ.
16,87	47,41	2,81	4,45	3,47
19,98	53,16	2,66	4,55	3,41
44,99	80,62	1,79	5,09	2,75
55,83	86,14	1,54	4,91	2,41
75,21	94,01	1,24	5,16	2,01
91,70	98,35	1,07	5,47	1,65

TABLEAU III.

Ba pour 100 dans les cristaux.	Ra pour 100 dans les cristaux.	K_e.	K_f.	λ.
32,48	67,10	2,07	4,26	2,83
45,32	80,50	1,78	4,99	2,70
54,61	84,64	1,55	4,58	2,68

Les tables mettent en évidence les faits suivants : 1° le coefficient d'enrichissement K_e diminue quand on fait précipiter des quantités croissantes de chlorure de baryum; 2° les valeurs trouvées pour K_f et λ, dans cette méthode de travail, ne sont pas constantes; elles varient un peu avec la teneur en baryum de la phase solide. Les tables montrent que K_f croît tandis que λ décroît quand la teneur en baryum de la phase solide augmente; 3° les Tables II et III indiquent que la concentration de la solution n'a aucune influence sur la valeur de K_e, K_f et de λ.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le système sulfate d'ammoniac, acide sulfurique, eau.* Note [1] de MM. **P. Locuty** et **P. Laffitte**, transmise par M. H. Le Chatelier.

Ce système a été étudié à 30° par van Dorp [2] et à 25° par J. d'Ans [3]. Le premier de ces auteurs a caractérisé les sels doubles suivants : $[SO^4(NH^4)^2, SO^4H^2] = S_{1-1}$ et $[3SO^4(NH^4)^2, SO^4H^2] = S_{3-1}$. A 25° d'Ans signale en outre $[SO^4(NH^4)^2, 3SO^4H^2] = S_{1-3}$ et, dans la région

(1) Séance du 24 avril 1933.

(2) G. van Dorp, *Zeit. phys. Chem.*, **73**, 1910, p. 284.

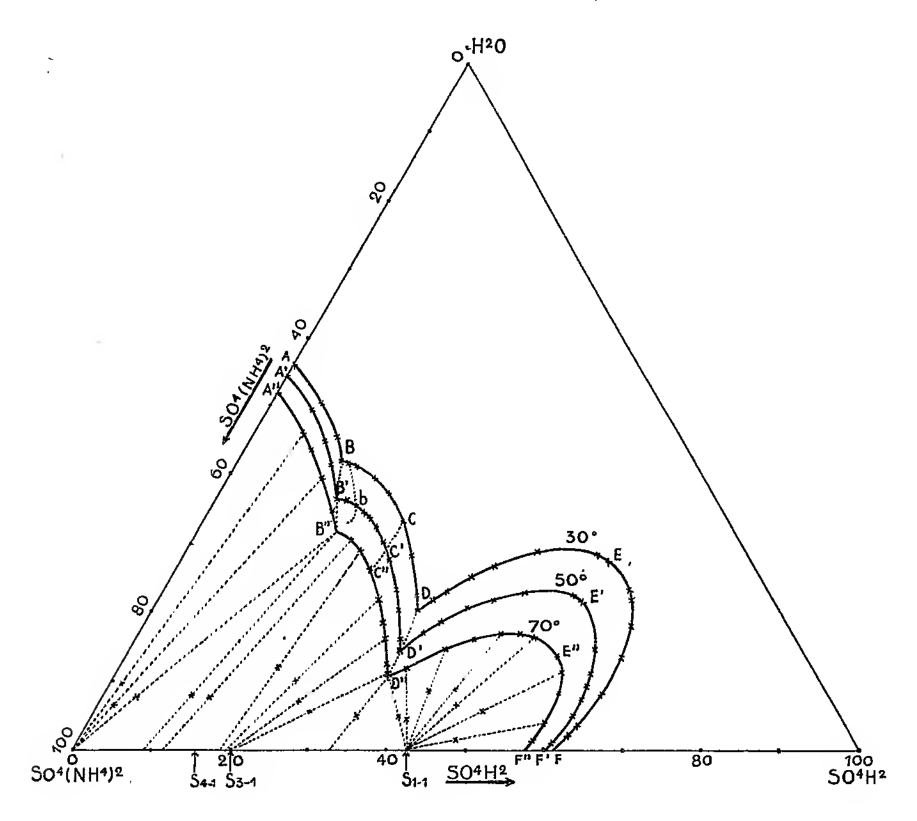
(3) J. d'Ans, *Zeit. anorg. Chem.*, **80**, 1913, p. 235.

des oléums [SO^4NH^4H, SO^3]. D'autre part l'étude du binaire $SO^4H^2 — NH^3$ a fourni à Kendall et Landon (1) les sels S_{1-3}, S_{1-1} et un sel auquel ils attribuent la formule [$2SO^4(NH^4)^2$, SO^4H^2] suivie du signe ?, et qui est sans doute le sel S_{3-1} de van Dorp et d'Ans.

Nous nous sommes proposé d'étudier le ternaire

$$SO^4(NH^4)^2 - SO^4H^2 - H^2O$$

aux températures supérieures à 30° (domaine intéressant au point de vue de la fabrication du sulfate d'ammoniac). Les résultats obtenus à



50 et 70° ne nous semblant pas bien cadrer avec ceux de van Dorp à 30° nous avons également repris la détermination de cette dernière isotherme, d'autant plus que le nombre de points donnés par l'auteur précédent nous a semblé insuffisant pour déterminer la courbe avec précision. Le mélange était agité à l'intérieur d'un flacon plongé dans un thermostat (température

(1) Kendall et Landon, *J. Amer. Chem. Soc.*, 42, 1920, p. 2131.

constante à 0°,05 près). L'équilibre s'établissant assez lentement les prélèvements étaient effectués tous les 8 jours. On analysait alors d'une part la solution, et d'autre part les cristaux imprégnés de phase liquide. On en déduisait, par la méthode classique de Schreinemakers, la composition de la phase solide en équilibre avec la solution.

Nous avons ainsi mis en évidence les espèces définies suivantes : $SO^4(NH^4)^2$ et sels acides S_{1-1}, S_{3-1} et $[4SO^4(NH^4)^2, SO^4H^2] = S_{4-1}$, ce dernier n'ayant jamais encore été signalé.

Isotherme 30°. — Nos concentrations en $SO^4(NH^4)^2$ sont supérieures de 1,5 pour 100 en moyenne à celles indiquées par van Dorp, lequel ne devait probablement pas atteindre l'équilibre. De A à B il y a dépôt de $SO^4(NH^4)^2$; de B à C cristaux mixtes entre les sels S_{4-1} et S_{3-1} (les droites joignant les points *solutions* aux points *restes* correspondants s'étagent toutes entre les points figuratifs de ces deux sels doubles, la droite la plus proche de B allant exactement au sel S_{4-1} et celle correspondant à C au sel S_{3-1}), alors que van Dorp signale des cristaux mixtes entre $SO^4(NH^4)^2$ et S_{3-1} pour un point situé légèrement à droite de B. (C'est d'ailleurs le seul point qu'il donne entre B et C.) Le long de CD on a dépôt du sel S_{3-1} et suivant DEF dépôt de bisulfate. Malgré des expériences nombreuses au voisinage de F nous n'avons pas retrouvé le sel S_{1-3}. Ceci est très probablement dû à une sursaturation; d'ailleurs Kendall et Landon ont eu un dépôt de bisulfate bien en-dessous de l'eutectique (39° environ) entre le bisulfate et S_{1-3}.

Isotherme 50°. — De A′ à B′ il y a dépôt de $SO^4(NH^4)^2$; de B′ à *b* dépôt du sel S_{4-1}; de *b* à C′ cristaux mixtes entre S_{4-1} et S_{3-1}; de C′ à D′ sel S_{3-1}; enfin suivant D′E′F′ dépôt de bisulfate. Entre C′ et D′ il nous est arrivé, pour trois expériences, d'obtenir formation du sel S_{4-1}; une agitation d'un mois n'a pas fait cesser ce faux équilibre.

Isotherme 70°. — De A″ à B″ dépôt de sulfate neutre; de B″ à C″ cristaux mixtes entre le sulfate neutre (au lieu de S_{4-1} comme à 50°) et S_{3-1}; de C″ à D″ dépôt de S_{3-1} et suivant D″E″F″ dépôt de bisulfate.

Voici quelques points caractéristiques des trois isothermes :

	Isotherme 30°.					
	A.	B.	C.	D.	E.	F.
$SO^4(NH^4)^2$ %..........	44,03	44,71	41,48	45,44	17,62	38,5
SO^4H^2 %............	0	13,11	25,31	33,88	59,27	61,5
H^2O % (par différence).	55,97	42,18	33,21	20,68	23,11	0

	Isotherme 50°.						
	A′.	B′.	*b*.	C′.	D′.	E′.	F′.
$SO^4(NH^4)^2$ %.........	45,79	47,82	46,29	45,51	50,96	24,50	39,5
SO^4H^2 %.............	0	15,25	17,92	24,60	34,35	54,28	60,5
H^2O % (par différence).	54,21	36,93	35,79	29,89	14,69	21,22	0

	Isotherme 70°.					
	A".	B".	C".	D".	E".	F".
$SO^4(NH^4)^2$ %.........	48,08	50,50	49,02	54,97	31,15	40,55
SO^4H^2 %...........	0	17,50	24,62	34,92	55,02	59,45
H^2O %..............	51,92	32,00	26,36	10,81	13,83	0

Un mémoire plus détaillé sera publié dans un autre périodique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le système bromure mercurique, bromure de potassium et alcool éthylique.* Note (¹) de Mlle **M. Pernot**, présentée par M. G. Urbain.

J'ai recherché par la méthode des solubilités à température constante les bromomercurates de potassium qui cristallisent en solution alcoolique.

J'ai opéré à 34° en utilisant successivement l'alcool éthylique absolu et l'alcool à 95°; les résultats obtenus sont résumés dans les diagrammes ci-contre.

a. Le solvant employé est de l'alcool absolu. — Le diagramme 1 indique nettement qu'un seul bromomercurate de potassium cristallise à 34° dans l'alcool absolu et la méthode des restes de Schreinemakers permet de conclure que ce sel renferme une molécule-gramme de bromure mercurique pour une molécule-gramme de bromure de potassium. En outre, il semble bien, d'après le diagramme, que ce sel cristallise avec de l'alcool et réponde à la formule Br^2Hg, BrK, C^2H^6O. Mais il faut observer que les droites qui joignent les points figuratifs de la composition des solutions mères aux points figuratifs de la composition des résidus et qui convergent vers le point Br^2Hg, BrK, C^2H^6O s'éloignent très peu du point Br^2Hg, BrK. La méthode des restes ne permet donc pas de déterminer laquelle de ces deux formules doit être attribuée au sel; il faut recourir à l'analyse directe.

Des cristaux ont été préparés par évaporation partielle des solutions mères; ils sont en aiguilles incolores, transparentes, ayant le même aspect que les cristaux de l'hydrate Br^2Hg, BrK, H^2O; ils sont assez gros pour être essorés convenablement sur du papier Joseph. Je les ai analysés sitôt après l'essorage et les résultats obtenus en opérant sur deux lots différents conduisent aux formules suivantes :

Analyse n° 1........................	$Br^2Hg.BrK.1,08\ C^2H^6O$
Analyse n° 2........................	$Br^2Hg.BrK.0,90\ C^2H^6O$

(¹) Séance du 3 avril 1933.

La formule qu'il convient d'attribuer au bromomercurate en question est donc bien Br^2Hg, BrK, C^2H^6O.

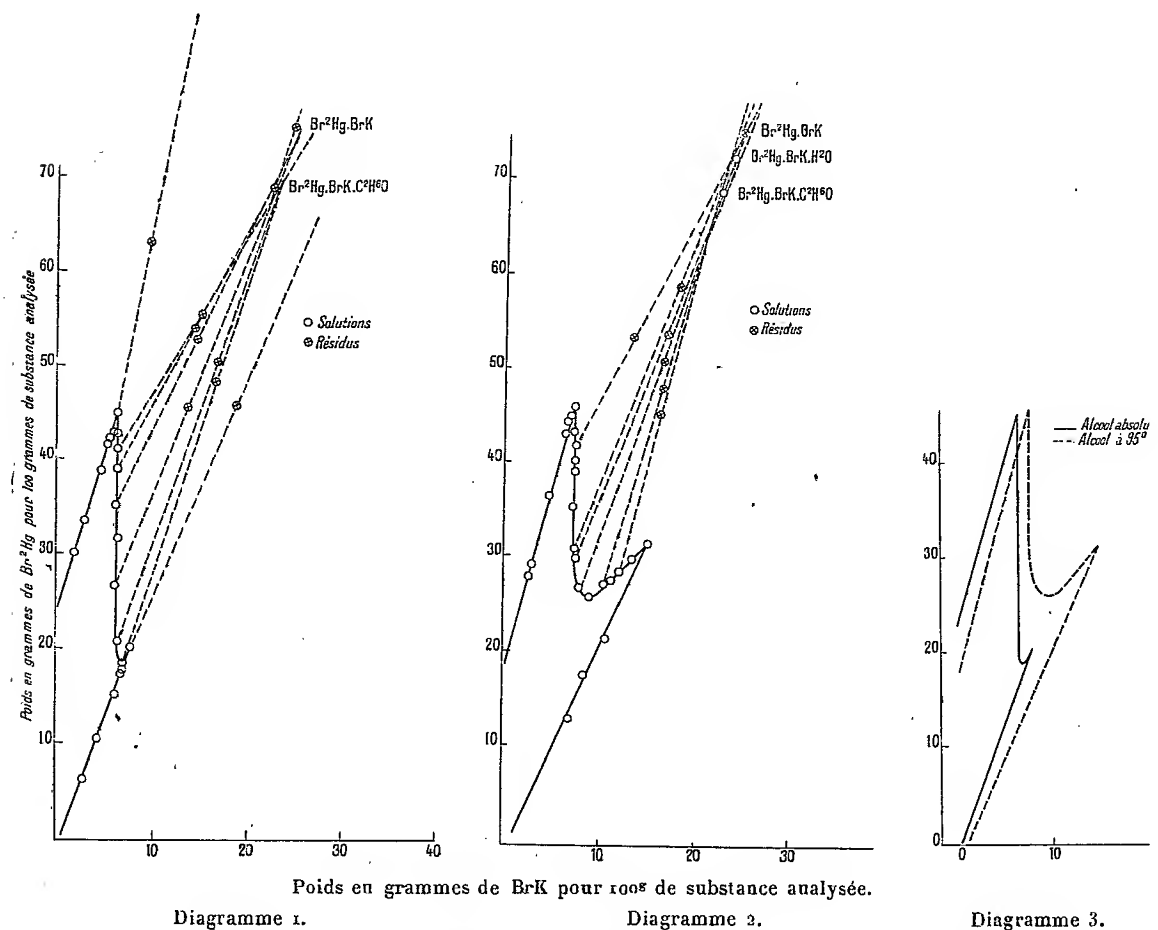


Diagramme 1. — Système bromure mercurique, bromure de potassium et alcool éthylique absolu. Température : 34°.
Diagramme 2. — Système bromure mercurique, bromure de potassium et alcool éthylique à 95°. Température : 34°.
Diagramme 3. — Système bromure mercurique, bromure de potassium et alcool éthylique. Température : 34°.

Si l'on abandonne à l'air les cristaux de bromomercurate après les avoir essorés, ils perdent du poids, puis atteignent un poids constant. En même temps, ils deviennent opaques, tandis qu'aussitôt après l'essorage ils étaient parfaitement transparents. Ces changements sont dus à ce que le sel placé dans l'air y perd de l'alcool qui est peu à peu remplacé par de l'eau de l'atmosphère. En effet, si l'on analyse les cristaux après qu'ils ont atteint un poids fixe, on constate que le liquide qu'ils abandonnent par chauffage

au début de l'opération n'est pas de l'alcool mais de l'eau. L'analyse indique d'ailleurs que la quantité d'eau reprise par le sel est exactement 1 molécule-gramme pour 1 molécule-gramme de bromure mercurique et 1 molécule-gramme de bromure de potassium.

b. Le solvant employé est l'alcool à 95°. — Le diagramme 2 indique qu'un seul bromomercurate de potassium cristallise à 34° dans l'alcool à 95° et comme précédemment la méthode des restes permet seulement de conclure que ce sel renferme le bromure mercurique et le bromure de potassium en proportions équimoléculaires. Il faut rechercher par l'analyse directe si ce bromomercurate cristallise anhydre ou avec de l'alcool ou avec de l'eau ou avec un mélange d'eau et d'alcool.

Des cristaux ont été préparés par évaporation partielle des solutions mères; ils ont le même aspect que ceux obtenus à partir de l'alcool absolu, mais ils conservent, après essorage, un poids constant et demeurent parfaitement transparents. L'analyse montre que ces cristaux renferment de l'eau et que leur composition est convenablement exprimée par la formule Br^2Hg, BrK, H^2O comme l'indique le tableau suivant dans lequel les teneurs sont exprimées en grammes pour 100g de cristaux.

Composition centésimale calculée d'après la formule Br^2Hg, BrK, H^2O :

$$Br^2Hg = 72,4; \quad BrK = 23,9; \quad H^2O = 3,6.$$

Composition centésimale trouvée par l'analyse :

N° 1.............	$Br^2Hg = 72,6$	$BrK = 23,7$	$H^2O = 3,6$
N° 2.............	$Br^2Hg = 72,5$	$BrK = 23,8$	$H^2O = 3,6$

Il est intéressant d'observer que ces résultats sont tout à fait analogues à ceux obtenus dans les cas des iodomercurates : formation du sel I^2Hg, IK, C^2H^6O quand le solvant employé est l'alcool absolu; formation de l'hydrate Br^2Hg, BrK, H^2O quand le solvant employé est l'alcool à 95° (1).

Remarque. — Le diagramme 3 indique les différences observées entre les solubilités des bromures dans l'alcool absolu et dans l'alcool à 95°.

---

(1) Mlle M. Pernot, *Annales de Chimie*, 10e série, 15, 1931, p. 42-50.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude quantitative de l'action inhibitrice de quelques composés organiques sur le pouvoir fluorescent de l'uranine.* Note (¹) de M. **Jean Bouchard**, présentée par M. C. Matignon.

Après avoir étudié l'influence quantitative de divers sels alcalins sur le pouvoir fluorescent de l'uranine en solution aqueuse (²), nous avons envisagé, par la même méthode, l'action exercée par différents composés organiques incolores. La concentration en ions H^+ exerçant une influence importante sur le pouvoir fluorescent, nous avons opéré, dans tous les cas, sur des solutions additionnées de soude de manière à réaliser une concentration décinormale de NaOH. Les résultats obtenus se rapportent donc aux dérivés alcalins des composés introduits lorsque ceux-ci sont susceptibles de réagir sur le soude (³).

A l'aide du fluoromètre de Francis Perrin, nous avons comparé les pouvoirs fluorescents de solutions dans lesquelles on faisait varier la concentration en uranine et celle du composé organique de manière à pouvoir suivre séparément l'influence de la concentration en uranine pour une concentration donnée du composé organique et l'influence de la concentration du composé organique pour une concentration donnée en uranine.

Pour une même concentration du composé organique, à condition toutefois que cette concentration ne soit pas trop considérable, le pouvoir fluorescent est une fonction exponentielle décroissante de la concentration en uranine. Pour une même concentration en uranine, le pouvoir fluorescent est une fonction exponentielle décroissante de la concentration que possède dans le mélange le composé organique. En désignant par Φ_0 le pouvoir fluorescent spécifique maximum rapporté à l'unité de masse de la substance fluorescente, par k et h deux coefficients exponentiels, le pouvoir fluorescent Φ d'un mélange contenant l'uranine sous la concentration c et le composé organique sous la concentration s est fourni par une relation de la forme

$$\Phi = \Phi_0\, e^{-(kc+hs)}.$$

(¹) Séance du 24 avril 1933.

(²) J. Bouchard, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 485.

(³) Les solutions alcalines des phénols se colorant en brun au contact de l'air, les mesures concernant ces substances ont été faites rapidement à l'abri de l'air, avec des réactifs préparés à partir d'eau privée d'air par ébullition.

Pour certains des composés étudiés, le coefficient k relatif à la décroissance exponentielle du pouvoir fluorescent du mélange en fonction de la concentration c en uranine est une fonction linéaire décroissante de la concentration s du composé organique ($k = k_0 - \alpha s$), le coefficient h relatif à la décroissance exponentielle du pouvoir fluorescent du mélange en fonction de la concentration s du composé organique étant lui-même une fonction linéaire de la concentration c en uranine ($h = k_0 - \beta s$). Dans ces conditions, l'expression de Φ devient, en désignant par a la somme des coefficients α et β :

$$\Phi = \Phi_0 e^{-(k_0 c + h_0 s - acs)}.$$

Les coefficients h_0 et a permettent donc de caractériser d'une manière précise le pouvoir inhibiteur des différentes substances introduites. Nous avons exprimé les concentrations c en grammes de fluorescéine acide par litre et les concentrations s en grammes par litre du composé organique étudié. Dans ces conditions on a $k_0 = 0,488$. Le tableau suivant donne les valeurs ds h_0 et a pour un certain nombre de composés organiques agissant comme inhibiteurs vis-à-vis de la fluorescence de l'uranine.

Inhibiteur.	h_0.	a.	Inhibiteur.	h_0.	a.
Paraphénylènediamine.	0,302	0	Crésol................	0,105	0
Paratoluidine.........	0,214	0	Phénol................	0,095	0,014
Aniline..............	0,188	0	Résorcine............	0,094	0,016
Acide tannique........	0,186	0	Pyrogallol............	0,.93	0
Orcine...............	0,139	0	Hydrazine............	0,087	0,026
Pyrocatéchine.........	0,122	0,024	Gaïacol..............	0,058	0
Hydroquinone........	0,111	0	Naphtol..............	0,009	0

Les composés suivants, bien qu'ayant été signalés comme antioxygènes vis-à-vis de certaines réactions, sont caractérisés par des valeurs pratiquement nulles des coefficients h_0 et a : lévulose, saccharose, glucose, maltose, mannite, galactose, mannose, érythrite, glycogène; diphénylamine, naphtylamine, dinaphtylamine, glycocolle; urée, acétamide, oxamide, acétanilide; pyridine. Signalons également que l'addition de faibles quantités des alcools méthylique, éthylique, isoamylique et propylique n'exerce aucune influence inhibitrice.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Oxydation catalytique de l'oxyde de carbone. Évolution du catalyseur.* Note de Mme **L.-S. Mathieu-Lévy**, présentée par M. Delépine.

La composition chimique du catalyseur a une grande influence sur l'oxydation de l'oxyde de carbone par l'oxygène atmosphérique. On a le plus souvent étudié des hopcalites, mélanges d'oxydes métalliques aussi purs que possible. Mais l'examen des détails de préparation montre que ces oxydes *purs* pourraient en réalité avoir adsorbé divers constituants de leur solution mère. Aussi avons-nous projeté d'étudier systématiquement le phénomène d'oxydation en employant comme catalyseurs divers *composés d'adsorption* à support de bioxyde de manganèse.

La préparation de ces corps, ainsi que la méthode employée pour suivre l'activité des catalyseurs ont été exposées à la Société chimique (1). Nous rappellerons seulement que cette activité est suivie en mesurant la déviation Δ d'un thermomètre différentiel dont l'un des réservoirs subit une élévation de température sous l'influence de la chaleur de catalyse.

On trouvera ici quelques observations recueillies au cours de l'étude comparée d'une série de catalyseurs.

A. *J'envisagerai tout d'abord l'influence de chauffages successifs sur l'activité des catalyseurs : 1° Mesures relatives à un bioxyde de manganèse dit pur* (2). — On a vu qu'il faut en général considérer trois périodes dans la vie d'un catalyseur (1) : une première période pendant laquelle il se forme; une période de stabilité pendant laquelle le phénomène est réversible. La courbe $\Delta = f(c)$ est alors rectiligne et a une pente bien définie (c est la concentration en oxyde de carbone à laquelle correspond la déviation Δ). Enfin une période de vieillissement. Le catalyseur fraîchement préparé (1), séché sous vide sulfurique, est chauffé 6 heures 30 minutes à 110°. Il fournit, pendant sa période de stabilité, les valeurs consignées dans la première ligne du tableau. Chauffé à nouveau 24 heures à 110°, il est rajeuni et conduit à une nouvelle période de stabilité pour laquelle la droite $\Delta = f(c)$ a une

(1) *Procès-verbaux des séances de la Société chimique de France*, 28 avril 1933.

(2) Un bioxyde de manganèse dit *pur* est en réalité un pseudo-bioxyde contenant une faible proportion d'oxyde manganeux. Voir M. Geloso, *Ann. de Chim.*, 10e série, 6, 1926, p. 352.

pente plus forte (ligne II). Un troisième chauffage (4 heures à 220°) donne des résultats analogues (ligne III).

		Débit : 16,6 l./h.								Débit : 10,5 l./h.	
	CO %......	1,01.	2,63.	3,50.	4,30.	4,78.	5,85.	6,33.	6,59.	8,17.	10,1.
Δ.	I........	–	–	3	2,15	–	3	4,5	–	4,75	7
	II........	2,5	4,5	6,25	–	8,25	10	–	10,5	13	16,5
	III.......	–	–	10	–	12,75	–	–	17,5	22	27

2° *Mesures relatives à un bioxyde de manganèse ayant adsorbé du* Mn^{II} *en forte proportion* (1). — Ce catalyseur a présenté, après chaque traitement à l'étuve, une activité chaque fois plus grande :

Aussitôt après traitement	6 heures 30 minutes à 110°....	CO % = 3,5	Δ = 4
» »	24 heures à 110°..............	CO % = 3,5	Δ = 18,5
» »	4 heures à 220°..............	CO % = 0,2	Δ = 55

Mais il n'a, à proprement parler, jamais atteint de période de stabilité. Ce catalyseur paraît donc nettement moins résistant que le précédent.

3° *Mesures relatives à un bioxyde de manganèse ayant adsorbé du fer.* — Ce catalyseur a conduit à peu près aux mêmes remarques que le précédent.

En résumé : aussitôt après traitement à l'étuve, l'activité (au cours de la période de formation) des catalyseurs que l'on vient d'étudier les classes dans l'ordre décroissant que voici : bioxyde ayant adsorbé du Mn^{II}, bioxyde ayant adsorbé du fer, bioxyde *pur*. Mais cet ordre qui semble favorable aux *catalyseurs d'adsorption* ne se maintient plus si l'on envisage la résistance au vieillissement, que présente surtout le bioxyde *pur*. Comme pareille résistance est aussi présentée par des bioxydes ayant adsorbé du cuivre (2), il apparaît que ce n'est pas seulement l'adsorption d'un oxyde qui influe sur l'activité du catalyseur.

B. *Influence du traitement à l'étuve sur le degré oxydimétrique* (3) *des catalyseurs d'adsorption.* — Pour qu'un catalyseur montre une activité suffisante, il faut lui faire subir un traitement prolongé à l'étuve ou dans un milieu oxydant (4), qui entraînerait, dit-on généralement (5), une

(1) L. S. Lévy, *Ann. de Chim.*, 10e série, 15, 1931, p. 85.

(2) *Loc. cit.*, note (1), p. 1319.

(3) Pour la définition et la mesure de cette grandeur, voir M. Geloso, *Ann. de Chim.*, 10e série, 6, 1926, p. 352, et 7, 1927, p. 113.

(4) E. H. Rogers, C. S. Piggot, W. H. Bahlke et J. M. Jennings, *J. Am. Chem. Soc.*, 43, 1921, p. 1973.

(5) J. A. Almquist et W. C. Bray, *J. Am. Chem. Soc.*, 45. 1923, p. 2305; W. H. Hoskins et W. C. Bray, *J. Am. Chem. Soc.*, 48, 1926. p. 1454.

déshydratation. Cette opération provoque en outre un changement du degré oxyimétrique

Bioxyde séché à poids constant sous vide sulfurique		$MnO^{1,65}$
Même bioxyde traité 6 heures 30 minutes à l'étuve à 110°		$MnO^{1,73}$
»	24 heures à l'étuve à 110°	$MnO^{1,78}$
»	4 heures à l'étuve à 220°	$MnO^{1,79}$

Ce fait est à signaler, en relation avec la théorie des oxydations et réductions alternées du catalyseur. Almquist et Bray (1), ont dit qu'une déshydratation à l'étuve trop prolongée se montre sans avantage sur l'activité du catalyseur. On peut mettre ici en parallèle son degré oxydimétrique qui varie d'abord beaucoup et semble ne plus être influencé par un traitement plus prolongé.

C. *Variation du degré oxydimétrique au cours de la catalyse.* — Nous avons constaté plusieurs fois une réduction du catalyseur. Ainsi, à titre d'exemple : catalyseur ayant adsorbé du cuivre, avant catalyse $MnO^{1,91}$; après catalyse $MnO^{1,79}$.

Le degré oxydimétrique apparaît donc ici comme jouant certainement un grand rôle dans l'activité d'un catalyseur, concurremment à la nature de la substance adsorbée.

MÉTALLURGIE. — *L'évolution des inclusions dans l'élaboration des aciers.* Note de MM. **René Perrin** et **Albert Portevin**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

La nature chimique des inclusions dépend des conditions de formation; il convient de faire une distinction entre les inclusions *exogènes* provenant des revêtements et laitiers entraînés mécaniquement par le métal et les inclusions *endogènes* prenant naissance au sein du métal liquide, par suite des réactions entre les impuretés, oxygène et soufre, et les éléments d'addition (Mn, Si, Al, Cr, etc.). Ces dernières inclusions sont de beaucoup les plus importantes à considérer, constituant un des facteurs prépondérants de la « qualité » de l'acier.

Jusqu'à présent, tous les caractères micrographiques relatifs à la nature des inclusions ont été établis par l'étude d'inclusions artificielles de composition fixée à l'avance, inclusions exogènes, que l'on incorporait mécanique-

(1) *Loc. cit.*, note (5), p. 1320.

ment à l'acier et dont on ignorait, par suite, les réactions et l'état d'équilibre avec le métal.

Or les inclusions réelles endogènes de l'acier doivent au contraire être considérées comme des *parcelles d'un laitier intérieur* (mélange de composés oxydés ou sulfurés) *en équilibre chimique avec le métal.*

Prenons comme exemple le cas simple d'addition d'un réducteur, tel que le manganèse, à du fer oxydé, c'est-à-dire le système Fe-Mn-O. S'il y a deux phases liquides, métal et laitier (ce dernier étant une solution MnO-FeO) en équilibre chimique à température et pression constantes, les compositions en sont définies par l'une des teneurs en Mn ou en O du métal, ces deux teneurs étant liées entre elles et représentées par une courbe tracée expérimentalement par divers auteurs (Maurer et Bischof, Krings et Schackmann, Körber).

Si les teneurs en Mn et O sont en dessous de celles correspondant à la courbe, le métal liquide demeure sans laitier, ni inclusion; mais si l'on élève l'une des deux teneurs, soit par addition de Mn, soit par oxydation du métal, il arrive un moment où, rencontrant la courbe d'équilibre, *apparaît la phase laitier à l'intérieur du métal*, c'est-à-dire *où prennent naissance des inclusions*; les inclusions qui se précipitent ainsi ont obligatoirement la même composition chimique que celle du laitier en équilibre à cette température avec le métal qui a la même teneur en manganèse.

La connaissance et l'étude du système laitier-métal en équilibre fait donc connaître à la fois les quantités d'addition susceptibles de provoquer des inclusions et la composition des inclusions qui se précipitent.

La considération de ces courbes d'équilibre montre en particulier que plus le fer est oxydé, moins il faut de manganèse pour provoquer des inclusions et plus cette inclusion est riche en FeO et inversement (on a $K \times Mn = MnO/FeO$); en outre, le refroidissement, qui déplace les courbes d'équilibre vers l'origine, fait naître des inclusions, de même que la solidification qui accroît les concentrations de la phase liquide.

Tout ceci s'applique évidemment aux systèmes dans lesquels on remplace Mn par les autres réducteurs, Si, Al, Ti, etc., en notant que les courbes d'équilibre correspondantes sont fortement déplacées vers l'origine et que, par suite, de très petites quantités de ces éléments donnent des inclusions très riches en SiO^2 on Al^2O^3 si le bain est très oxydé.

La présence simultanée de deux réducteurs, Mn et Si, Si et Al, conduit de même à la considération de surfaces d'équilibre du métal avec des laitiers de silicates de fer et de manganèse ou de silico-aluminates; si l'on

recherche des inclusions fusibles se décantant facilement du bain métallique, il faut que les proportions des éléments d'addition soient telles que *le laitier en équilibre avec les teneurs en* Si, Mn *et* Al *résiduelles du bain* corresponde à la composition fusible désirée.

Les laitiers des opérations industrielles de la sidérurgie n'arrivent en général à être en équilibre avec le bain métallique qu'au bout de plusieurs heures et les inclusions qui se produisent au sein du métal pendant l'opération ont une composition différente de celle du laitier.

Mais l'étude des vitesses des réactions dans les émulsions mécaniques laitier-métal, étude faite en vue de perfectionner les procédés métallurgiques actuels, a montré que l'équilibre s'établissait alors en des temps de l'ordre de la minute si le laitier était suffisamment fluide; on a donc, dans ce cas, *un procédé d'étude indirecte des inclusions, qui permet d'en définir la composition, les propriétés, la structure et les caractères micrographiques;* procédé d'étude s'étendant d'ailleurs à toutes les métallurgies.

L'étude micrographique directe des inclusions réelles existant dans les aciers industriels, soit en fin d'opération, soit en cours d'élaboration, a confirmé expérimentalement ces conclusions.

Pour ne citer qu'un exemple, cette étude effectuée au cours d'une opération de fabrication d'acier doux basique a montré qu'il y a en effet *concordance entre les modifications du métal et celles des inclusions :* non seulement toute variation de teneur en oxygène et en soufre se traduit par une modification de proportion des sulfures, oxydes et oxy-sulfures existants, mais aussi la variation de teneur en Mn modifie la composition et la forme de ces oxydes et sulfures (notamment leur teneur en Mn); si la carburation du bain diminue les oxydes, par contre l'addition de Si fait apparaître des silicates et l'addition d'aluminium crée des inclusions d'alumine, s'il y a suffisamment d'aluminium dans le métal, ou des silico-aluminates (analogues aux grenats des minéralogistes), s'il y a relativement peu d'aluminium.

On a pu également vérifier que les additions d'éléments spéciaux oxydables modifiaient la nature des inclusions, c'est ainsi que par exemple l'addition de chrome change complètement les caractères des inclusions sulfureuses et fait apparaître des inclusions de chromite, mais cette dernière disparaît, même dans les ferro-chrome à 70 pour 100 Cr, s'il y a seulement 0,5 pour 100 Si, faisant place à des silicates.

MÉTALLURGIE. — *Sur l'emploi de l'air chaud dans la fusion des minerais au water-jacket.* Note de M. **B. Bogitch**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Tandis que l'utilisation de l'air chaud dans la fabrication de la fonte au haut fourneau date déjà de près d'un siècle, l'application de la même méthode au water-jacket est encore à ses débuts. Nombreuses sont les causes qui ont empêché jusqu'ici d'étendre l'emploi du vent chaud. La cause la plus importante est la faible teneur en CO des fumées du water-jacket, qui en contiennent le plus souvent moins de 18 pour 100, contre 25 et plus dans les gaz de haut fourneau. De telles fumées pauvres, après avoir subi un refroidissement en vue de la précipitation des poussières entraînées et de la condensation de la vapeur d'eau en excès, sont difficiles à enflammer. Or, si la chaleur latente des fumées n'est plus récupérable par l'échauffement du vent, l'intérêt de l'emploi de l'air chaud dans les water-jackets disparaît aussi, du moins dans un grand nombre de cas.

Il existe toutefois quelques fabrications effectuées au water-jacket où la chaleur produite par du coke brûlé avec de l'air froid n'est pas suffisante et où le réchauffage de l'air est obligatoire. Ainsi déjà en 1916, j'ai été amené à utiliser l'air chaud dans la préparation du ciment fondu; ultérieurement, d'autres ont fait de même en vue de la distillation du plomb et du zinc dans les résidus d'électrolyse du zinc [1]. Par contre, dans les expériences dont je rendrai compte aujourd'hui, j'ai utilisé le réchauffage de l'air dans la fusion de minerais pour matte depuis longtemps traités avec succès dans les water-jackets à vent froid.

Les water-jackets expérimentés étaient au nombre de deux : l'un d'une section circulaire de $1^m,5$ de diamètre et de 40 tonnes de capacité de fusion journalière, l'autre de section rectangulaire de $3^m,40 \times 1^m,20$ aux tuyères et de 100 tonnes de capacité de fusion.

Les principes que j'ai appliqués dans mes essais se résument ainsi : combustion des fumées chaudes immédiatement au-dessus du gueulard, sans refroidissement ni dépoussiérage; emploi de l'air chaud pour la combustion de ces fumées; prélèvement des fumées à l'intérieur de la masse du

---

[1] Dans ces fabrications spéciales, les fours consomment des quantités considérables de coke, quelquefois plus 50 pour 100 de matières traitées. Les fumées obtenues sont donc riches en CO et leur combustion ne présente aucune difficulté.

minerai afin que l'introduction du minerai frais ne vienne pas faire varier brusquement la température des fumées; réchauffage de l'air circulant à l'intérieur de tubes de fer calorisés, c'est-à-dire protégés par une couche d'aluminium et d'alumine.

Au cours de ces essais, j'ai fondu plusieurs milliers de tonnes de minerais de nickel, soit à base de silicate de magnésie provenant de Nouvelle-Calédonie, soit composés de silicate d'alumine et de fer, importés de Grèce. Les résultats constatés se présentent comme suit :

Au point de vue de l'appareillage — la disposition verticale des tubes de chauffe permet d'éviter l'accumulation rapide des poussières sur leurs parois; un dispositif électrique d'allumage des gaz est préférable; le revêtement intérieur du creuset doit être en matière très réfractaire et aussi peu attaquable que possible par la scorie très chaude (chromite).

En ce qui concerne la composition du minerai — l'humidité doit être maintenue à 12-13 pour 100 au maximum. Quand celle-ci descend au-dessous de 10 pour 100, il est possible de brûler les fumées contenant à peine 11-13 pour 100 de CO. Quand l'humidité du minerai dépasse 20 pour 100, la combustion régulière des fumées même à 19 pour 100 de CO est difficile à obtenir.

Suivant la nature des fumées brûlées, l'état des tubes, le débit de l'air, etc., la température de l'air chaud oscillait entre 300° et 650° tandis que l'économie de coke variait de 1/10 à 1/5 de la consommation normale avec l'emploi de l'air froid dans le même four et pour le même minerai.

Au point de vue chimique, l'élévation de température du four résultant de l'emploi de l'air chaud se traduisait par l'augmentation de la proportion du fer réduit dans la matte et par une diminution de sa teneur en soufre, ainsi que par l'obtention d'une meilleure scorie quant aux pertes de nickel.

Bref, l'utilisation de l'air chaud dans les water-jackets présente de nombreux avantages là même où il n'est pas indispensable, mais son application dans chaque cas concret exige une mise au point très étudiée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'action du dichloro-1.3-propène sur les alcools arylaliphatiques sodés.* Note de M. **P.-Ch. Dorier**, présentée par M. Delépine.

Le dichloro-1.3-propène réagit sur les dérivés sodés des alcools arylaliphatiques conformément à la réaction

$$ArCH^2ONa + ClCH^2CH = CHCl \rightarrow ArCH^2OCH^2CH = CHCl + ClNa.$$

Nous avons pensé que la fixation de deux atomes de brome sur la double liaison nous conduirait aux composés de la forme

$$ArCH^2OCH^2CHBr - CHBrCl,$$

et qu'enfin le traitement de ces derniers par l'éthylate de sodium donnerait l'acétal de l'aldéhyde

$$ArCH^2OCH = CHCHO.$$

L'expérience a montré que le brome réagit sur le dérivé ω chorallylé en produisant de l'acide bromhydrique qui saponifie l'éther oxyde, ce qu confirme les observations de V. Auwers [1] sur la grande facilité avec laquelle les éthers oxydes de la forme $ArCH^2OR$ sont saponifiés. L'action du brome sur ces éthers oxydes conduit à la formation du bromure de benzyle.

D'autre part, nous avons constaté que l'atome de chlore n'est pas labile; c'est ainsi qu'il ne réagit pas sur les alcoolates, pour donner un éther oxyde comme on l'observe dans le cas le ω-chlorallylbenzène qui, il est vrai, ne réagit sur les alcoolates que par suite du déplacement de la double liaison de β en α par rapport au noyau benzénique. Nous avons montré que le ω-chlorallylbenzène ne réagissait pas sur les dérivés sodés des phénols, ces derniers n'ayant pas la propriété de faire migrer la double liaison.

Nous avons fait réagir le dichloro-1.3-propène sur les dérivés sodés des alcools : benzylique, phényléthylique, phénylpropylique, cinnamique.

Le mode opératoire qui nous a donné les meilleurs résultats est le suivant : Dans un ballon relié à un réfrigérant ascendant on introduit 400^{cm^3} de toluène sec et 23^g de sodium que l'on pulvérise selon la technique de Brühl; après refroidissement, on introduit par petites portions 108^g d'alcool benzylique; le benzylate de sodium se présente sous forme d'une belle masse blanche. On chauffe au bain d'huile à 130° et l'on ajoute peu à peu 110^g de dichloro-1.3-propène qui réagit vivement.

On laisse refroidir le contenu du ballon, on y introduit de l'eau pour dissoudre le chlorure de sodium, on reprend à l'éther. La couche éthérée est lavée deux fois à l'eau, puis séchée sur le chlorure de calcium. Enfin après avoir chassé l'éther au bain-marie, on fractionne le résidu sous pression réduite. Le rendement en éther oxyde ω-chlorallylé est de 60 à 70 pour 100 suivant la nature de l'alcool.

---

(1) *Ber. deuts. chem. Ges.*, 64, 1931, p. 535.

Ces éthers-oxydes sont des liquides incolores, à odeur forte; le premier terme possède une odeur prononcée de champignon. Les analyses sont très satisfaisantes :

	Eb 13.	D_4^0.	D_4^{12}.	n_D^{12}.
$C^6H^5CH^2OCH^2CH=CHCl$	123°	1,1205	1,111	1,537
$C^6H^5CH^2CH^2OCH^2CH=CHCl$	135	1,1196	1,1105	1,536
$C^6H^5CH^2CH^2CH^2OCH^2CH=CHCl$...	146	1,0736	1,0666	1,526

En résumé, la condensation du dichloro-1.3-propène avec les dérivés sodés des alcools arylaliphatiques donne des éthers oxydes ω-chlorallylés :

$$ArCH^2O-CH^2CH=CHCl.$$

L'atome de chlore de ces éthers oxydes se montre peu labile; néanmoins nous pensons qu'en utilisant d'autres réactifs, l'enlèvement du chlore sera possible.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les oxydes organiques dissociables. Bis-(p-tolyl)-1.1'-diphényl-3.3'-diméthyl-5.5'-rubène : son oxyde dissociable.* Note de MM. **Charles Dufraisse** et **J.-A. Monier** Jr, présentée par M. Delépine.

Parmi les influences susceptibles de s'exercer sur l'oxydabilité réversible des rubènes, il importe de connaître celle des substituants, suivant leur nature et aussi suivant la place qu'ils occupent dans la molécule.

Dans les premiers rubènes décrits, les substitutions n'étaient qu'arylées et n'intéressaient que les sommets 1, 1', 3 et 3', sur la partie pentagonale du chromophore (*fig.* 1). Par la suite (travaux en cours), on a fait des substitutions non arylées sur les mêmes sommets. Le présent travail concerne une substitution méthylée sur la partie hexagonale, c'est-à-dire sur le groupement benzo.

On est parti du bis-(*p*-tolyl)-phényléthynylcarbinol, $[C^{23}H^{20}O]$,

$$(CH^3-C^6H^4)^2C(OH)-C\equiv C-C^6H^5,$$

obtenu par condensation du bromure de *p*-tolylmagnésium sur le phénylpropiolate d'éthyle. Ce carbinol se présente en cristaux incolores, fondant à 87-88° et donnant les réactions que nous avons déjà trouvées antérieurement chez ces sortes de substances, comme la transformation en éther-oxyde méthylique, $[C^{24}H^{22}O]$,

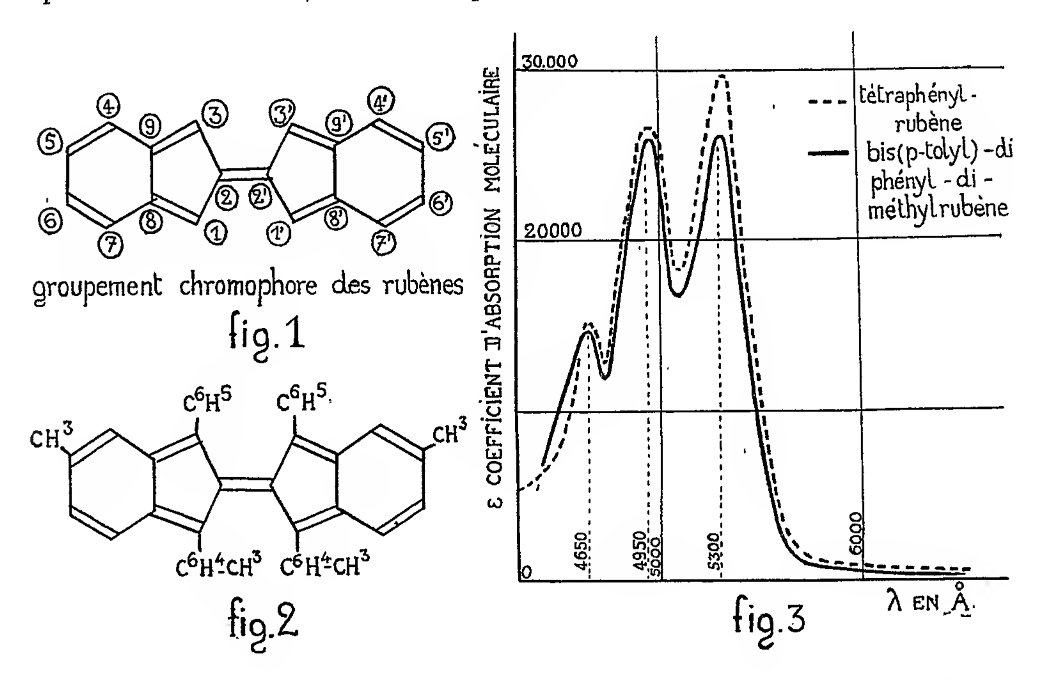
$$(CH^3-C^6H^4)^2C(OCH^3)-C\equiv C-C^6H^5,$$

corps incolore fondant à 75-76°, et, en cétone éthylénique, [$C^{23}H^{20}O$],

$$(CH^3 - C^6H^4)^2C = CH - CO - C^6H^5,$$

cristaux jaunes fondant à 107-108°.

On n'a pas réussi à isoler l'éther chlorhydrique; mais on l'a obtenu mélangé à des résines, ce qui n'a pas empêché de le transformer en rubène par la voie ordinaire, c'est-à-dire par doublement de la molécule avec élimi-



nation de deux ClH. Le rubène résultant est le bis-(*p*-tolyl)-1.1'-diphényl-3.3'-diméthyl-5.5'-rubène, $C^{46}H^{36}$ (*fig.* 2). Il possède la belle coloration rouge des rubènes arylés, avec cette particularité de pouvoir cristalliser sans ou avec solvant (acétate de butyle, 1/3 de molécule), auquel cas il existe une différence marquée de coloration entre les deux sortes de cristaux, ceux du corps sans solvant étant nettement plus pâles. La solubilité est très grande dans la plupart des solvants organiques usuels, sauf l'alcool et la ligroïne. Le point de fusion instantanée est à 242°, en l'absence de solvant, et à 194° en présence d'acétate de butyle. Le spectre d'absorption présente les bandes habituelles ; la courbe des coefficients moléculaires est celle qui caractérise les corps de la famille (*fig.* 3). Les solutions se décolorent normalement à l'air et à la lumière en donnant un peroxyde cristallisé,

$C^{46}H^{36}O^{2}$, fondant instantanément vers 210°, et qui présente la particularité rencontrée ici pour la première fois chez les oxydes dissociables des rubènes *d'être exempt de solvant de cristallisation.* Des expériences de dissociation de ce peroxyde ont donné les résultats suivants : dégagements gazeux vers 170°, avec libération d'oxygène aux titres respectifs de 99, de 98,3, de 97,8 et de 97,6 pour 100 et avec des rendements atteignant respectivement 74,8, 74, 66, et 70 pour 100.

La présence de méthyles sur les groupements benzo n'altère donc en rien chez les rubènes l'aptitude à enchaîner réversiblement l'oxygène libre ; au contraire, elle apporte une simplification à la chimie des oxydes dissociables, par la suppression du solvant de cristallisation.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les carbinols acétyléniques : le phényl-carbéthoxy-phényl-éthinyl-carbinol* $C^{18}H^{16}O^{3}$. Note de M. **Maurice Loury**, présentée par M. Delépine.

La préparation des diaryl-aryl-éthinyl-carbinols est généralement effectuée à l'aide des organomagnésiens :

$$\begin{matrix}Ar_1\\Ar_2\end{matrix}\!\!>\!CO + XMg - C \equiv C - Ar_3 \rightarrow \begin{matrix}Ar_1\\Ar_2\end{matrix}\!\!>\!\underset{\displaystyle OMgX}{\underset{|}{C}} - C \equiv C - Ar_3.$$

La méthode est encore applicable dans les cas où l'on remplace, en tout ou en partie, les aryles Ar par des radicaux aliphatiques R, mais elle ne l'est plus si l'on veut introduire un groupement susceptible de réagir sur l'organomagnésien, par exemple, une fonction carboxyle libre CO^2H ou estérifiée CO^2R. Dans le but de préparer des carbinols du type nouveau :

$$\begin{matrix}Ar_1\\CO^2R\end{matrix}\!\!>\!\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}} - C \equiv C - Ar_3,$$

deux méthodes évitant les organomagnésiens ont été étudiées. La première consiste à condenser l'acétylénique sur la cétone en présence d'alcali sec. On admet qu'il se forme une combinaison intermédiaire :

$$>CO + KOH \rightarrow\ >C\!\!<\!\begin{matrix}OK\\OH\end{matrix},$$

qui réagit ensuite sur l'acétylénique :

$$\rangle C\langle^{OK}_{HO} + HC \equiv C - C^6H^5 \rightarrow \rangle C(OH) - C \equiv C - C^6H^5 + KOH.$$

J'ai constaté que cette réaction ne pouvait être utilisée dans le cas particulier envisagé ici. C'est qu'en effet le benzoylformiate d'éthyle est très facilement saponifié par les alcalis et, en présence de potasse solide, la réaction est instantanée. Il se forme un sel stable : le benzoylformiate de potassium anhydre $C^6H^5 - CO - CO^2K$.

La deuxième méthode consiste à condenser la cétone avec le dérivé sodé du phénylacétylène

$$\rangle CO + Na - C \equiv C - C^6H^5 \rightarrow \rangle C(ONa) - C \equiv C - C^6H^5.$$

Après étude de cette réaction, qui est signalée comme devant fournir de médiocres rendements (¹), le mode opératoire suivant s'est révélé satisfaisant : on maintient en suspension du phénylacétylure de sodium dans l'éther anhydre au moyen d'une vive agitation. On refroidit énergiquement et l'on verse peu à peu une solution diluée de benzoylformiate d'éthyle dans l'éther anhydre, en évitant soigneusement toute élévation de température. On ajoute ensuite un excès d'acide acétique dilué dans l'éther anhydre et l'on reprend par l'eau. Après les traitements habituels, on obtient, à la distillation, une huile jaune clair qui passe à 185-190° sous 2^{mm} et qui se prend en masse. Après purification par cristallisation dans la ligroïne (P. E. 80-100°), le corps se présente sous l'aspect de cristaux blancs octaédriques de P. F. 80-81°. Le rendement est de 50 pour 100 du chiffre théorique.

Le nouveau carbinol manifeste le phénomène du dimorphisme : les cristaux obtenus lors des premières préparations fondaient à 55-56°. Par la suite, leur point de fusion s'est élevé spontanément à 80-81°. Le corps est très soluble dans le benzène, l'éther, l'acétone, le méthylal, le sulfure de carbone et le chloroforme, soluble dans les alcools, les ligroïnes, peu soluble dans l'éther de pétrole, insoluble dans l'eau. Il se dissout à froid dans les lessives alcalines concentrées. A chaud, la potasse alcoolique

(¹) J.-V. Nef, *Annalen der Chem.*, 308, 1899, p. 281.

à 5 pour 100 le décompose en régénérant les constituants : phénylacétylène et benzoylformiate d'éthyle qui est ultérieurement saponifié. Le dosage des H mobiles effectué par la méthode habituelle(1), au moyen des organomagnésiens, indique un atome par molécule. Il n'y a donc pas formation de la dicétone α acétylénique qu'on aurait pu prévoir par une autre condensation (2)

$$C^6H^5-CO-CO\boxed{OC^2H^5+Na}-C\equiv C-C^6H^5$$
$$\rightarrow C^6H^5-CO-CO-C\equiv C-C^6H^5+C^2H^5ONa.$$

En outre, l'analyse élémentaire, les diverses propriétés du nouveau corps confirment la constitution admise :

$$\begin{matrix} C^6H^5 \\ CO^2C^2H^5 \end{matrix}\!\!>\!\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}}-C\equiv C-C^6H^5,$$

LITHOLOGIE. — *Étude de la mise en circuit d'échantillons de roche pour la mesure de leur résistance électrique.* Note de Mme **F. Bayard-Duclaux**, transmise par M. Maurain.

Ayant entrepris l'édude de la résistivité électrique des roches, la question des bons contacts m'est apparue d'une importance primordiale et valant la peine de recherches systématiques. A cet effet, j'ai fait une étude détaillée des différentes méthodes permettant de mettre les échantillons de roche en circuit.

La méthode de mesure ayant donné les meilleurs résultats est celle du circuit simple en courant continu avec lecture de l'intensité du courant par un galvanomètre très sensible.

La mise en circuit des échantillons par serrage dans un étau par l'intermédiaire de masses de métal malléable est à rejeter. Cette méthode ne permet pas d'atteindre un isolement suffisant pour des mesures concernant des résistances toujours supérieures à 10^8 ohms et de plus elle n'assure pas une pression constante ni déterminée et par suite une invariabilité dans les conditions de la mesure.

J'ai donc employé un serrage entre deux étriers dont l'un est fixè et l'autre tendu par des masses connues. La pression due au simple effet de pesanteur

(1) Charles Dufraisse et H. Moureu, *Bull. Société chim.*, 4e série, 41, 1927, p. 1614.
(2) Charles Moureu et R, Delange, *Comptes rendus*, 134, 1902, p. 45.

est alors bien constante et les deux étriers étant sans contact réciproque, l'isolement est aussi bon que possible.

Deux sortes d'échantillons ont été étudiés.

I. Des échantillons ayant la forme de parallélépipèdes rectangles à base carrée de 1^{cm^2} de section et de 2^{cm} de longueur. Les extrémités en sont planes et bien polies.

Les premiers essais sur ces échantillons ont été effectués à faibles pressions (inférieures à $12\ kg/cm^2$) obtenues directement et avec des électrodes variées.

a. Vingt-cinq feuilles d'étain de $4/100^e$ de millimètre superposées;

b. Une feuille d'amalgame d'étain de $5/10^e$ de millimètre;

c. Une feuille d'étain de $4/100^e$ de millimètre sur une feuille de liège de 5^{mm};

d. Une feuille d'étain de $4/100^e$ de millimètre sur une ou plusieurs feuilles de caoutchouc de $1/10^e$ de millimètre.

Dans aucun de ces quatre cas, et quelle que soit la pression, je n'ai pu obtenir de résultats comparables. Il semble que le contact soit toujours imparfait et que, dans les mesures, l'influence de la résistance de contact soit prépondérante.

On a eu recours ensuite à des pressions plus fortes, pouvant aller jusqu'à $120\ kg/cm^2$.

En employant les électrodes décrites ci-dessus, je n'ai pu, même avec ces grandes pressions, obtenir de résultats satisfaisants. La courbe donnant l'intensité du courant en fonction de la pression semblait bien devoir aboutir à un palier, mais pour des pressions supérieures à celles que pouvait supporter l'appareil.

J'ai alors employé comme électrodes l'assemblage suivant : deux feuilles d'argent battu ou deux feuilles d'or battu, une feuille d'étain de $4/10^e$ de millimètre, une feuille de caoutchouc de $1/10^e$ de millimètre.

Dans les deux cas et quelle que soit la roche, la courbe aboutit à un palier. Ce palier correspond à des pressions variables suivant la structure des roches étudiées.

Par exemple, pour un hyalobasalte, le palier débute à $70\ kg/cm^2$; pour un microgranite, à $50\ kg/cm^2$; pour une diorite quartzifère, à $10\ kg/cm^2$.

L'étude de la pression critique doit donc être faite pour chaque roche. Mais au-dessus de cette pression on obtient des résultats très constants, semblant caractériser la roche elle-même et son état (température-degré d'humidité, etc.).

II. J'ai employé ensuite des morceaux de carottes de soudage dont les

extrémités étaient polies optiquement. J'ai pu ainsi travailler avec des faces polies à moins de une frange près.

Avec de telles extrémités et en employant les mêmes électrodes que précédemment, j'ai obtenu des résultats invariables pour des pressions variant de 0 à 30 kg/cm². Il semble qu'avec de tels polis et des électrodes très malléables (telles que l'argent battu) le contact soit bon du moment qu'il y a contact, et ceci pour les roches à textures très différentes (différents granites, gneiss, schiste, arkose).

En résumé : pour les roches dont les extrémités sont simplement polies, on obtient de bons contacts avec de l'argent battu, sur de l'étain et du caoutchouc, à condition de déterminer pour chacune d'elles une pression minimum d'opération, pression qui doit être assez élevée sans toutefois paraître devoir dépasser 100 kg/cm².

Pour les roches dont la structure permet d'atteindre un poli optique, le serrage sous faible pression (10 kg/cm² par exemple) avec électrodes à feuilles d'argent assure toujours un bon contact.

BOTANIQUE. — *Caractères du terreau des Saules têtards.*

Note de M. **Philippe Hagene**, présentée par M. Marin Molliard.

Les Saules écimés (les Saules têtards) portent très habituellement une végétation ([1]) enracinée dans un terreau qui s'accumule dans une cavité produite par la décomposition du tissu ligneux de l'arbre. On a contesté la justesse du terme épiphyte employé pour cette végétation, qui se développerait accidentellement en ce point sans que le terreau ni elle-même présentent ([1]) des caractères particuliers.

1° Sur les têtards âgés, à tronc de 1m,50 à 2m, en bordure du ruisseau, au pied d'une pente calcaire ([2]) (échantillons 1 et 2).

2° Sur les têtards âgés de 1m,50 à 2m, en bordure d'une petite rivière morte, dans une plaine d'alluvions siliceuses ([3]) (échantillons 4 et 5).

3° Sur les têtards de 7cm et 1m, dans les dépressions marécageuses, entre la chaussée d'une route et la Saône ([4]) (échantillons 6 et 7).

([1]) Étudiée par de nombreux auteurs, en particulier par A. Magnin (*Florule adventive des Saules têtards de la région lyonnaise*, Lyon, 1895).

([2]) Dijon, ruisseau de Larrey.

([3]) Saint-Jean-de-Losne, la vieille Biettre.

([4]) Saint-Jean-de-Losne.

Tout ces échantillons sont constitués par une sorte de terreau, avec de nombreux débris ligneux encore très reconnaissables, provenant du saule. En place, ce terreau est recouvert à sa partie supérieure par une couche plus ou moins épaisse de feuilles de Saule, en voie de décomposition, et il est parcouru par un réseau fin de racines, parfois assez serré pour lui donner un caractère fibreux. Sa teinte varie du brun jaune au noir presque pur.

La portion fine (particules de 2^{mm} de diamètre ou moins), séparée par tamisage après dessiccation, constitue de 37 à 65 pour 100 de la masse pour les échantillons 1, 2 et 3 d'une part et 6 et 7 d'autre part; 77 et 66,8 pour 100, pour les échantillons 4 et 5.

Le reste consiste en racines, débris ligneux et débris de feuilles et, pour certains échantillons, renferme des débris de coquilles de gastéropodes terrestres et aquatiques (échantillons 3, 4, 5, 6) et même des ossements de petits rongeurs (4, 5). Tous renferment des cocons ou des coques nymphales.

L'étude de la portion fine met en évidence les caractères suivants :

1° La perte par calcination, c'est-à-dire, ici, la proportion de matières organiques est très élevée :

Échantillon n° 1, 94,2 pour 100; n° 2, 82,25; n° 3, 80,49; n° 4, 71,38; n° 5; 87,45; n° 6, 47,3; n° 7, 44,4.

Comme comparaison, les sols les plus riches en matières organiques que nous ayons rencontrés dans la région (sortes de rendzines contenues dans les fentes des rochers ou entre les blocs des éboulis) renfermaient 39,0 et 43,3 pour 100 de matières organiques. Seuls, les deux derniers échantillons ci-dessus se rapprochent de ces chiffres.

2° L'échantillon n° 6 renferme du carbonate de calcium à l'état de traces, provenant sans doute des débris fins de coquilles de gastéropodes; les autres échantillons en sont dépourvus.

3° Malgré cette absence de calcaire, la réaction moyenne des échantillons n'est que faiblement acide; pH = 6,6. Le pH oscille entre 5,5 et 7,4. Il dépasse 7,4 deux fois. Dans l'un de ces deux derniers échantillons (n° 6), il se pourrait que le saule ait reçu un apport de limon d'inondation. Pour les autres c'est peut-être le calcaire des coquilles qui neutralise ou qui tempère l'acidité.

4° Dans l'appareil de Soxhlet, l'eau dissout : pour l'échantillon n° 2, 6,5 pour 100 de la portion fine; pour l'échantillon n° 4, 8,48 pour 100;

pour l'échantillon n° 5, 6,77 pour 100. Les extraits ont donné respectivement 1,63-2,67-1,43 de cendres pour 100 de la portion fine.

5° L'ensemble de ces caractères confère aux échantillons une hygroscopicité élevée. Après séchage à l'air, ils renfermaient de 12,5 à 14,5 pour 100 d'humidité, sauf pour les échantillons nos 6 et 7 dont la teneur plus faible s'explique par la plus grande proportion de matières minérales.

6° Évalué par le procédé de Mitscherlich, le coefficient d'hygroscopicité (34 à 39 pour 100) est nettement supérieur, pour les échantillons 1 à 5, à celui des sols étudiés dans la région, pour lesquels nous avons trouvé un coefficient maximum de 24,5. Ici encore, les échantillons nos 6 et 7 se distinguent des autres, leur coefficient étant 24,8 et 20,3.

7° Calculé d'après la formule de Briggs et Shantz, le coefficient de fanaison dépasse largement pour les cinq premiers échantillons les coefficients maximum trouvés pour les sols de la région (35,3), il varie en effet entre 41,1 et 46,8. Les deux derniers échantillons ont un coefficient de fanaison plus faible 29,8 et 24,4.

Le substratum, dans lequel s'enracinent les espèces végétales trouvées sur les Saules têtards, présente donc en général des caractères qui le distinguent nettement des sols naturels de la région, ces caractères découlant de son origine à peu près exclusivement végétale dans la plupart des cas; il y a donc une écologie particulière pour la végétation qui s'y développe, et il paraît légitime de conserver pour celle-ci le terme d' « épiphyte ». A cela d'ailleurs ne se bornent pas les caractères particuliers de l'écologie de cette végétation.

CHIMIE AGRICOLE. — *La détermination des cendres des jus de betteraves par la mesure des conductibilités électriques*. Note de MM. **Em. Saillard** et **R. Saunier**, présentée par M. P. Viala.

Nos premiers essais ont été faits sur des cossettes de betteraves sucrières sèches contenant environ 70 pour 100 de sucre et qui ont été pulvérisées, au préalable, au moyen d'un moulin spécial. 100^g ont été mis à macérer dans de l'eau distillée à 80° pendant trois quarts d'heure sous constante agitation. Après refroidissement, les jus sucrés ont été séparés par filtration sur du coton de verre (jus A) et l'on en a déterminé la teneur en sucre pour 100^{cm^3} et la teneur en cendres (cendres sulfatées $\times$ 0,9) pour 100^{cm^3} comme on le fait pour les besoins de l'industrie sucrière.

Le jus filtré (A) a été amené à des dilutions différentes en partant respectivement de 75^{cm^3}, 50^{cm^3}, 20^{cm^3}, 10^{cm^3} de jus (A) qu'on a amenés à 100^{cm^3} avec de l'eau distillée. La teneur en sucre et la teneur en cendres sulfatées des jus dilués ont été établies par le calcul en partant des cendres et du sucre du jus (A). Les résistances et les conductibilités spécifiques de l'eau distillée employée et des jus ont été déterminées par la méthode du pont de Wheatstone.

Notre appareil comprend : une pile; une bobine de Ruhmkorff (qui transforme le courant de la pile en courant alternatif); un pont de Wheatstone. Celui-ci est disposé suivant un triangle, dont l'un des côtés est occupé par une boîte de résistances étalonnées (de 1 à 10000 ohms), le deuxième côté, par la cuve contenant le jus sucré ou l'eau distillée à étudier, et le troisième côté, par un fil de platine tendu sur une règle graduée en millimètres, de 0 à 1^m.

Le sommet du triangle est relié au fil de platine par un fil traversant un téléphone et se terminant par un curseur qu'on peut déplacer sur le fil de platine et la règle graduée.

Supposons le bruit minimum obtenu. Soient : a la distance du point O de la règle graduée, au curseur; b la distance du curseur au point 100 de la règle graduée; R la résistance en ohms, empruntée à la boîte étalonnée; X la résistance cherchée. On a

$$\frac{a}{R} = \frac{b}{X}, \qquad \text{d'où} \qquad X = \frac{Rb}{a}.$$

Pour établir la conductibilité spécifique, il faut connaître la capacité K de la cuve contenant le jus à étudier.

Nous nous servons pour l'établir d'une solution de chlorure de potassium à conductibilité spécifique connue α.

Dans ce cas encore, si l'on désigne par r la résistance de la cuve contenant la solution de chlorure de potassium, on a

$$r = \frac{Rb}{a};$$

mais

$$\frac{1}{r} \times K = \alpha, \qquad \text{d'où} \qquad K = \alpha \times \frac{Rb}{a}.$$

Compte tenu de la conductibilité de l'eau distillée qui nous a servi, la capacité (K) de notre cuve a été trouvée égale à 0,1827.

Voici maintenant quelques résultats que nous avons obtenus :

Jus étudié.	Sucre pour 100cm³.	Cendres sulfatées pour 100cm³.	Résistances électriques en ohms.	Conductibilité spécifique $cp \times 10^{-6}$.
Jus A	10,6	0,255	101	1771
75cm³ de jus A amenés à 100cm³	7,95	0,191	125	1414
50cm³ »	5,3	0,127	168	1064
25cm³ »	2,65	0,064	300	600
15cm³ »	1,59	0,038	465	386
10cm³ »	1,06	0,0255	665	270
5cm³ »	0,53	0,0127	1230	144

Ces résultats se rapportent à des jus de betteraves séchées. Ils peuvent être portés sur un graphique, les teneurs en cendres venant sur l'axe des abscisses et les résistances en ohms sur l'axe des ordonnées.

On obtient ainsi une courbe pour laquelle, à partir du jus (A), la résistance augmente et tend vers l'asymptote, à mesure que les teneurs en sels diminuent.

La conclusion à tirer de ces essais est que pour comparer les teneurs en cendres des jus de betteraves on peut partir de jus sucrés dilués de même teneur en sucre. Les jus accusant les plus faibles conductibilités spécifiques contiennent les plus faibles proportions de cendres. Il sera toujours facile, en faisant un certain nombre de dosages de cendres par incinération, de voir quelles teneurs en cendres correspondent aux conductibilités spécifiques trouvées.

La détermination des cendres ainsi faite prend beaucoup moins de temps que la détermination des cendres par incinération.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action de l'oxygène sur les glucides évolués à l'abri de l'air.* Note (¹) de Mme **Nelicia Mayer-Reich**, présentée par M. A. Desgrez.

Il a été montré par les travaux de Wurmser et de ses collaborateurs que, dans les solutions de glucides, qui évoluent à l'abri de l'air, il se forme spontanément en solution alcaline et, plus lentement, en solution neutre, des corps électroactifs caractérisés par un potentiel limite bien défini (²).

(¹) Séance du 24 avril 1933.

(²) R. Wurmser et J. Geloso, *Journ. Chimie phys.*, 25, 1928, p. 641; 26, 1929, p. 447; N. Mayer, *Ibid.*, 26, 1929, p. 565.

Ces systèmes électroactifs sont intéressants au point de vue physiologique parce qu'ils sont issus de substances jouant dans le métabolisme cellulaire un rôle essentiel et parce que leur formation *in vitro*, en milieu neutre, rend à peu près certaine leur existence dans les cellules. Or, dans les organismes, à côté d'oxydo-réductions proprement dites, s'effectuent aussi des oxydations aux dépens de l'oxygène moléculaire. On a été ainsi amené à étudier la réactivité vis-à-vis de l'oxygène de solutions de glucides (glucose, xylose, fructose) évolués à l'abri de l'air.

Les préparations qui ont servi à ces expériences sont obtenues en maintenant à 100° pendant 30 minutes une solution de glucide à 30 pour 100 dans de l'hydroxyde de sodium $n/10$, à l'abri de l'air. La solution est diluée dix fois dans des solutions tampons de phosphates moléculaires, de pH variables. 2^{cm^3} des nouvelles solutions sont introduits dans des récipients de 14 à 15^{cm^3} reliés à des manomètres de Barcroft-Warburg. Le liquide manométrique est constitué par le mélange de Brodie (NaCl + taurocholate de Na et quelques gouttes de thymol alcoolique). La température du thermostat était de 40° et l'agitation des récipients manométriques de 120-130 oscillations par minute. Des expériences préliminaires dans lesquelles la phase gazeuse est constituée par de l'oxygène pur ou par de l'air, il résulte que la vitesse d'oxydation est très sensiblement la même dans les deux cas.

La vitesse de fixation de l'oxygène varie avec le pH comme le montrent les valeurs suivantes de l'oxygène en millimètres cubes, par heure, fixé par 2^{cm^3} de glucose évolué :

pH	5,2.		6.			6,9.			7,8.		8,9.
O^2	22	16	48	57	50	76	76	79	120	118	140

L'analyse des gaz montre qu'il y a pendant la fixation d'oxygène formation de gaz carbonique.

Le rapport CO^2/O^2 à différents pH est d'environ 0,3 comme le montrent les chiffres suivants :

pH	6.	7.	7,9.
CO^2/O^2	0,279	0,254	0,312

Les glucides réducteurs, après avoir donné naissance au système électroactif, fixent donc l'oxygène moléculaire. Les glucides non évolués, sauf le fructose, ne réagissent pas et le fructose lui-même présente une autoxydation beaucoup plus grande après évolution.

S'il est certain que l'hydrogène des glucides doit être *mobilisé* avant de réagir, il se pourrait que des traces de métaux lourds, existant dans les pré-

parations catalysent la réaction en rendant l'oxygène lui-même plus mobile vis-à-vis de l'hydrogène. Le test de cette catalyse est l'inhibition par les substances donnant des complexes avec les métaux lourds, notamment le cyanure de potassium à pH 8-9 et le pyrophosphate en solution plus acide.

Une série d'expériences montre l'effet de ces deux sels :

MILLIMÈTRES CUBES D'OXYGÈNE FIXÉS EN 1 HEURE PAR 2^{cm^3} DE GLUCOSE ÉVOLUÉ 3 %.

CNK.

pH.	0.	M/250.	M/100.	M/50.	M/10.
7,8	110	110	96	88	76
8,9	140	120	108	100	94

Pyrophosphate de potassium.

pH.	0.	M/250.	M/100.	M/50.	M/10.
6,9	83	31	21	21	–
7,7	118	64	61	–	30

L'interprétation de l'influence du cyanure et du pyrophosphate suggère l'existence de deux mécanismes, dont un indispensable porte sur l'hydrogène en le mobilisant. Le deuxième, l'action sur l'oxygène, intervient en réaction acide où la fixation de l'oxygène est relativement lente. En réaction plus alcaline où la fixation est rapide, la catalyse portant sur l'oxygène est faible ou négligeable.

On voit que dans les conditions physiologiques, c'est-à-dire au voisinage de la neutralité, les deux mécanismes interviennent, ce qui est conforme à ce que l'on sait des oxydations cellulaires.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur la lyse transmissible du vibrion cholérique.* Note de MM. **P. Noël Bernard** et **J. Guillerm**, présentée par M. Calmette.

Les recherches poursuivies sur la nature du principe actif dans la lyse microbienne transmissible ont accumulé un très grand nombre de faits qui opposent à la conception du bactériophage de d'Hérelle, être vivant parasite des bactéries, celle d'une action diastasique produite par les microbes ou par des substances dérivées de leurs cultures (Kabeshima, J. Bordet et Ciuca, A. Gratia, R. Legroux).

En appliquant aux cultures de vibrions cholériques lysés par un bactériophage certaines techniques d'extraction des diastases, nous avons

obtenu une poudre amorphe qui renferme une substance susceptible de provoquer la lyse transmissible. Mais toutes les expériences de cet ordre suscitent la même objection : l'existence d'un seul corpuscule de d'Hérelle, être vivant, entraîné dans les précipités, au cours de la manipulation, suffit à expliquer la lyse sans l'intervention d'une diastase.

Cette objection disparaît si l'on obtient la même poudre lytique en partant d'une culture pure.

Des cultures en bouillon de vibrions cholériques, ne contenant aucun principe lytique et âgées de 24 à 48 heures, sont traitées par la méthode de Willstätter avec le gel d'orthohydroxyde d'aluminium $\alpha Al(OH)^3$, préparé selon la technique de Kraut. Nous obtenons ainsi, d'une part le bouillon de culture épuisé par l'adsorption et, d'autre part, les liquides de lavage du gel (élution) dans l'eau distillée (pH = 7). Ces deux liquides sont repris séparément, concentrés, additionnés d'une solution saturée de sulfate d'ammonium et centrifugés. Les précipités obtenus dans les deux cas, desséchés, donnent des poudres très rapidement altérables. Il faut les diluer dans du bouillon au pH = 7 et les utiliser immédiatement. Le succès de la manipulation dépend d'un certain nombre de précautions dont il n'est pas possible de donner le détail dans cette Note.

Les solutions colloïdales ainsi obtenues présentent, vis-à-vis des cultures jeunes du vibrion cholérique identiques à celles dont elles ont été extraites, un pouvoir lytique transmissible. Celui-ci est très faible au premier passage. Dès qu'un éclaircissement, à peine sensible, apparaît dans les tubes en expérience, il faut les filtrer sur bougies L_2. De même que pour le bactériophage, le pouvoir lytique s'exalte par passages successifs.

La détermination du pH, effectuée de 30 en 30 minutes au cours d'une lyse obtenue avec un bactériophage actif, nous a montré qu'il existe un pH optimum de la lyse.

Pour observer dans un temps très court diverses phases du développement de deux cultures, l'une pure, la seconde additionnée de bactériophage au moment de l'ensemencement du vibrion cholérique, nous diluons une culture pure de ce germe (sur gélose, âgée de 12 à 15 heures) dans 25^{cm^3} de bouillon. Douze tubes contenant la même quantité de ce bouillon (pH = 7,3) sont ensemencés avec 1^{cm^3} de cette dilution. Dans six d'entre eux, on ajoute une goutte d'un bactériophage actif. Tandis que, dans la culture pure le pH baisse régulièrement, en 6 heures, de pH = 7,3 à pH = 6,2, au-dessous duquel il ne descendra plus, dans la culture qui a reçu le bactériophage, cette baisse marque un temps d'arrêt

entre pH = 7,2 et pH = 7, pendant lequel la lyse devient totale. Le milieu se stabilise à ce pH si la lyse est définitive. Si elle n'est pas amorcée dans la phase favorable du pH, elle ne se manifestera pas dans le milieu qui s'acidifie rapidement jusqu'à pH = 6,2.

L'enchaînement des phénomènes observés est le même avec notre substance lytique isolée des cultures pures indemnes de bactériophage.

Cette substance se trouve aussi bien dans le bouillon de culture épuisé par le gel d'alumine que dans l'eau de lavage du gel. La richesse beaucoup plus considérable du bouillon en produit lytique permet de penser que le gel d'alumine n'adsorbe pas cette substance qui reste dans le bouillon surnageant et dont une faible fraction seulement est entraînée mécaniquement et libérée par l'élution. On sait que l'adsorption par le gel d'alumine des enzymes protéolytiques du pancréas aboutit à localiser dans la solution mère une trypsine purifiée, débarrassée des autres enzymes qui restent dans le gel. Sur une culture de vibrions cholériques, le même gel paraît agir de façon analogue en adsorbant des impuretés qui empêchent les propriétés de la substance lytique contenue dans le bouillon de se manifester.

Avec trois souches pures de vibrions cholériques d'origine indochinoise, nous avons obtenu cette substance active sur des vibrions de même origine, inactive sur des cultures de bacilles dysentériques, de staphylocoques, de bactéridie charbonneuse.

Les cultures en bouillon qu'elle a parfaitement lysées donnent, par passage sur gelose, les plages caractéristiques du bactériophage.

En résumé, il est possible d'extraire de cultures de vibrions cholériques purs, par des méthodes connues d'extraction des diastases, une *substance lytique*, spécifique, qui a un pH optimum d'action, et qui reproduit exactement le phénomène de la bactériophagie.

PHYSIOLOGIE. — *Les teneurs en phosphore total du sang et des muscles et l'élimination de cet élément par la voie rénale au cours du scorbut aigu et du scorbut chronique.* Note de Mlle **A. Michaux**, présentée par M. E. Leclainche.

Nous avons déjà constaté que les humeurs et les muscles striés des cobayes recevant un régime dépourvu complètement de vitamine antiscorbutique

présentent des troubles importants au point de vue de leurs teneurs en chlore (¹), en sodium et en potassium (²).

Les teneurs en phosphore total de ces différents milieux sont-elles aussi modifiées au cours du scorbut aigu et du scorbut chronique?

Euler et K. Myrbäck (³) signalent une diminution des phosphates totaux et minéraux du sang de Cobayes scorbutiques. D'après T. Nagayama et T. Munahisa (⁴), le phosphore urinaire augmente d'abord puis diminue; le phosphore du sérum ne varie pas. Pour Euler et M. Rydbom (⁵), le rapport Ca/PO4 s'abaisse dans le sérum des Cobayes carencés.

Nous avons réparti les Cobayes en 6 lots. Dans le premier lot, les Cobayes ont reçu le régime naturel. Dans les deuxième et troisième lots, les Cobayes ont reçu le régime scorbutigène de Mme L. Randoin (⁶) complété quotidiennement, soit par 2^{cm^3} de jus de citron, soit par 2 à 3^{cm^3} de jus de citron décitraté. Dans le quatrième lot, les Cobayes n'ont reçu que de l'eau distillée. Dans les cinquième et sixième lots, les Cobayes ont reçu le régime scorbutigène seul ou additionné de $0^{cm^3},5$ à $0^{cm^3},75$ de jus de citron décitraté.

Les dosages de phosphore total ont été effectués, soit selon la microméthode très sensible de M. Javillier et D. Djelatidès (⁷), soit par le procédé de Copaux appliqué à l'analyse biologique par Mme H. Hinglais (⁸).

Résultats. — 1° Chez les Cobayes normaux (lots 1, 2, 3), les quantités moyennes de phosphore total urinaire éliminées en vingt-quatre heures sont respectivement égales à $0^g,0257$, $0^g,0182$ et $0^g,0261$. Elles diminuent beaucoup au cours du scorbut aigu ou chronique, où les moyennes sont sensiblement égales ($0^g,0078$ et $0^g,0079$).

2° Les taux moyens du phosphore du sang total des Cobayes soumis aux régimes complets sont égaux à $0^g,349$, $0^g,388$ et $0^g,418$. *Que le scorbut soit aigu ou chronique, la teneur en phosphore total du sang s'élève notablement, les moyennes étant respectivement de* $0^g,491$ *et* $0^g,470$.

(¹) Mme L. Randoin et Mlle A. Michaux, *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 1378, et **192**, 1931, p. 108.

(²) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 565 et 647; Mlle A. Michaux, *Bull. Soc. Chim. biol.*, **14**, 1932, p. 649.

(³) *Z. Physiol. Chem.*, **148**, 1925, p. 180.

(⁴) *J. Biochem.* (Japan), **11**, 1929, p. 191.

(⁵) *Biochem. Z.*, **249**, 1932, p. 141.

(⁶) *Bull. Soc. Chim. biol.*, **5**, 1923, p. 806.

(⁷) *Bull. Soc. Chim. biol.*, **10**, 1928, p. 342.

(⁸) *Bull. Soc. Chim. biol.*, **9**, 1927, p. 540.

3° Les muscles des Cobayes normaux renferment respectivement 2g,465, 2g,535 et 2g,388 de phosphore total pour 1000g de tissu frais. Cette teneur baisse au cours du scorbut chronique où la moyenne est de 1g,771, alors qu'elle reste normale chez les animaux atteints de scorbut aigu, 2g,550. Calculés pour 1000g de tissu sec, les chiffres obtenus dans tous les groupes fournissent des moyennes oscillant entre 10 et 11g.

Cobayes soumis au régime naturel.

P. pour 1000cm³ d'urine.	Élimination en 24 heures.	P. pour 1000cm³ de sang.	Eau pour 1000g de muscles.	P. pour 1000g muscles frais.	P. pour 1000g muscles secs.
g 1,204	g 0,0302	g 0,357	g 772,96	g 2,550	g 11,231
0,023	0,0021	0,328	782,28	2,455	11,252
0,544	0,0575	0,371	776,25	2,431	10,860
0,252	0,0131	0,339	774,55	2,424	10,734
a. Régime scorbutigène + 2cm³ de jus de citron (144 jours).					
0,710	0,0182	0,418	765,48	2,535	10,787
b. Régime scorbutigène + 2 à 3cm³ de jus de citron décitraté (88 à 161 jours).					
0,704	0,0296	0,339	–	–	–
0,677	0,0263	–	776,93	2,350	10,534
1,258	0,0390	0,382	768,30	2,263	9,754
0,441	0,0169	0,336	773,17	2,258	9,963
0,595	0,0186	0,409	775,68	2,682	11,947
Cobayes soumis à l'inanition hydrique totale (6, 10 et 11 jours).					
–	–	–	795,17	2,083	10,154
–	–	–	774,73	2,096	9,322
–	–	–	782,36	2,402	11,027
a. Cobayes soumis au régime scorbutigène.					
1,084	0,0067	0,553	771,06	2,627	11,487
–	–	–	–	2,431	–
2,300	0,0090	0,450	789,88	2,530	12,040

b. Cobayes soumis au régime scorbutigène + $0^{cm^3},50$ à $0^{cm^3},75$ de jus de citron décitraté.

P. pour 1000 cm³ d'urine.	Élimination en 24 heures.	P. pour 1000 cm³ de sang.	Eau pour 1000g de muscles.	P. pour 1000g muscles frais.	P. pour 1000g muscles secs.
g 0,900	g 0,0209.	g 0,332	g 856,52	g 1,726	g 12,057
–	–	0,351	–	–	–
0,626	0,0069	0,364	870,72	1,346	10,442
–	–	–	812,06	2,141	11,387
1,206	0,0108	0,397	–	–	–
–	–	–	804,55	2,095	10,693
1,385	0,0234	0,434	851,64	1,983	13,346
0,860	0,0069	0,426	793,21	2,058	9,962
0,326	0,0034	0,442	858,91	1,801	12,757
–	–	–	879,33	1,217	10,110
0,628	0,0146	0,479	802,64	1,739	8,816
0,853	0,0064	0,464	–	–	–
0,376	0,0022	0,464	818,10	2,172	11,929
–	–	–	834,22	1,555	9,350
0,355	0,0010	0,479	–	–	–
–	–	–	842,46	1,321	8,379
0,395	0,0051	0,575	802,17	2,096	10,564

A 16h5m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h15m.

A. Lx.

ERRATA.

—

(Séance du 10 avril 1933.)

Note de M. *G.-A. Boutry*, Un densitomètre de précision à cellule photoélectrique :

Page 1102, ligne 13, *au lieu de* Densités comprises entre 3,75 et 0, *lire* Densités comprises entre 3,75 et 5.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 MAI 1933.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES RICHET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **H. ter Meulen**, membre de l'Académie des Sciences d'Amsterdam, qui assiste à la séance.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur l'observation de l'éclipse totale de Soleil du* 31 *août* 1932. Note de MM. **A. de La Baume Pluvinel** et **D. Barbier.**

Nous avons observé la dernière éclipse totale de Soleil à Louiseville, au Canada. Dans cette localité, située à mi-chemin environ entre Québec et Montréal, la durée de la totalité était de 100 secondes. Le jour de l'éclipse, le ciel a été dégagé dans la matinée, mais il a commencé à se couvrir progressivement un peu avant le phénomène, et le premier contact a été observé au travers des nuages. Au moment de la totalité, le ciel était encore assez nuageux, mais, fort heureusement, le Soleil éclipsé s'est trouvé dans une éclaircie, de sorte que la totalité a pu être observée dans de bonnes conditions. Peu après, le ciel s'est complètement couvert.

Les instruments employés étaient presque tous montés sur un même pied équatorial. Les principales observations que nous avons pu faire ont été les suivantes :

1° Un coronographe, dont la partie optique consistait en un objectif photographique de $0^{m},10$ de diamètre associé à une lentille divergente amplificatrice, donnait une image du Soleil de 38^{mm} de diamètre. Deux plaques Lumichromes Lumière ont été exposées pendant la totalité. Les temps de pose ont été de 15 et de 75 secondes. Les photographies

montrent aux pôles du Soleil des aigrettes courtes nettement délimitées et, dans les zones des taches, des panaches plus ou moins étendus. L'un d'eux, dans la partie nord-est du Soleil est visible jusqu'à 40′ du bord solaire; deux autres, du côté ouest, sont moins étendus mais plus larges. Cette forme de la couronne, dite du minimum d'activité solaire, s'observe fréquemment plusieurs années avant et après la date du minimum des taches. Rappelons que le prochain minimum est attendu en 1934.

Les opacités des différents points de l'un des clichés de la couronne ont été mesurées à l'aide de l'opacimètre de M. Jules Baillaud. Ces mesures ont été conduites de manière à déterminer les points du cliché présentant une même densité donnée. On a pu ainsi tracer six courbes passant par des points d'égale densité. Ces courbes sont aussi, nécessairement, des courbes isophotes. Les densités ont été converties en éclairements grâce à la connaissance de la courbe caractéristique de noircissement de la plaque photographique. En prenant pour unité la brillance du fond du ciel, les éclairements des six lignes isophotes ont été : 2,08 ; 2,87 ; 4,56 ; 11,4 ; 28,07 ; 72,3.

2° Trois spectrographes à fente ont été employés pour l'étude du spectre de la couronne solaire. Le spectrographe le plus lumineux, à un prisme, a donné le meilleur résultat. Une seule pose a été faite pendant la durée de la totalité. La fente était dirigée suivant le diamètre du Soleil perpendiculaire à la ligne des pôles. Chaque bord du Soleil a donné un spectre consistant en un spectre continu sillonné de raies d'émission. La distribution de la lumière dans le spectre continu paraît être la même que dans le spectre solaire. Ce spectre continu s'étend de la raie H_α à la raie H_η et, entre ces deux raies, la longueur du spectre est de 60^{mm}.

Aux deux bords du Soleil on constate la présence de deux raies dont l'origine est essentiellement coronale. Ce sont la raie verte λ5303 et la raie rouge λ6374. La première est visible jusqu'à 5′ du bord du Soleil et la seconde jusqu'à 3′; elles s'étendent plus loin du bord solaire que le spectre continu. La raie verte est plus intense que la raie rouge : si l'on désigne par 10 l'éclat de la première, on peut estimer à 7 l'éclat de la seconde.

En outre des raies essentiellement coronales, on constate la présence d'un grand nombre de raies chromosphériques. Ces dernières sont beaucoup plus nombreuses au bord Est qu'au bord Ouest, ce qui tient sans doute à ce qu'une partie plus basse de la couronne a été découverte au bord Est, c'est-à-dire au commencement de la totalité qu'à la fin. Sur le spectre du bord Est on compte 25 raies chromosphériques, tandis qu'au bord Ouest on ne peut identifier que les raies de l'hydrogène et D_3.

Le spectre de chaque bord du Soleil a été examiné au microphotomètre enregistreur de M. D. Chalonge. On a pu mettre ainsi en évidence des raies chromosphériques noyées dans le spectre continu et que l'on ne peut pas distinguer directement. Un autre fait a été constaté : au bord Est, là où les raies sont les plus nombreuses, toutes les raies sont brillantes et constituent un spectre d'émission, mais à l'autre bord un grand nombre de raies sont renversées et appartiennent à un spectre d'absorption. Ce fait se manifeste surtout entre les longueurs d'onde λ 490 et λ 530. On a pu aussi, grâce à l'emploi du microphotomètre, constater la présence de la raie tellurique de la vapeur d'eau λ 628.

3° Deux spectrographes à prisme-objectif ont été employés. L'un d'eux, dont l'optique était en spath et quartz, a donné un spectre s'étendant de λ 310 à λ 590. L'obturateur ayant été fermé un peu tard, après le deuxième contact, un mince croissant solaire a donné un spectre de Fraunhofer occupant une bande centrale dans le spectre, tandis que, de chaque côté de cette bande, on a obtenu des anneaux monochromatiques produits par les radiations de la partie basse de la chromosphère, c'est-à-dire le spectre éclair. Aucun de ces anneaux chromosphériques ne peut être attribué à de la matière coronale.

4° Nous avons jugé intéressant de mesurer l'intensité lumineuse globale de la couronne afin d'apporter une contribution à l'étude de la variation que présente cette intensité d'une éclipse à l'autre. Étant donné qu'il est difficile de faires des mesures photométriques visuelles pendant la courte durée de la phase totale, nous avons employé des photomètres photographiques, de sorte que c'est l'éclat actinique de la couronne que nous avons mesuré.

Un premier photomètre consistait en une chambre photographique dont l'objectif avait été remplacé par un diaphragme à ouverture circulaire. Le diamètre de cette ouverture était calculé de manière que tous les points d'une petite plage de la plaque photographique recevaient directement la lumière provenant d'un cercle de 1°,5 de diamètre découpé dans le ciel, concentriquement à la couronne. Afin de tenir compte de l'éclairement général du ciel, qui se superposait à la lumière propre de la couronne, plusieurs plages de la plaque photographique contiguës à celle qui recevait la lumière de la couronne ont été exposées à des parties du ciel extérieures à la couronne, mais voisines de celle-ci. Des expériences analogues ont été faites dans des conditions semblables sur la pleine Lune au mois de décembre dernier. L'opacité des plages des plaques photographiques a été mesurée et, après avoir apporté aux résultats toutes les corrections que

nous avons jugé nécessaires, nous avons trouvé, pour l'éclat total de la couronne solaire, 0,80, l'éclat de la pleine Lune étant pris pour unité. Ce résultat est en bon accord avec les déterminations faites pendant les éclipses précédentes par divers observateurs.

5° Un autre instrument pour mesurer l'éclat global de la couronne a été employé pendant l'éclipse par l'un de nous. Étant donné que Jupiter était très voisin du Soleil pendant la totalité, nous avons jugé intéressant de comparer l'éclat de la couronne à celui de cette planète dont l'éclat était supposé connu. Nous nous affranchissions ainsi d'une source de comparaison terrestre et de l'absorption de la lumière par notre atmosphère.

L'instrument employé a été un photomètre photographique à anneau oculaire basé sur le principe indiqué par M. Ch. Fabry. Pendant la totalité, les diverses régions de la plaque photographique ont été exposées à la lumière de la couronne, du ciel et de Jupiter. Divers procédés ont été employés pour réduire l'intensité de la couronne et du fond du ciel. Mais, malgré les dispositions prises, la différence entre l'éclairement de la plaque par le ciel seul et par le ciel plus Jupiter a été trop faible pour que la détermination de l'éclat de la couronne en fonction de celui de la planète soit digne de confiance. Toutefois, en supposant que la magnitude de Jupiter était — 1,3, nous avons trouvé, pour la magnitude de la couronne, — 10,9. Il est intéressant de rapprocher de ce nombre la magnitude stellaire de la pleine Lune — 12,5.

La détermination que nous avons faite de l'éclat de un degré carré du ciel par rapport à l'éclat global de la couronne est beaucoup plus précise. Nous avons trouvé pour ce nombre 0,0156. La valeur de ce rapport, ainsi que diverses considérations qui ne peuvent trouver place ici, nous conduisent à admettre que le ciel est éclairé, pendant la totalité, par de la lumière solaire doublement diffusée.

6° Parmi nos instruments, nous avions un coronographe photographique construit d'après les données de M. Lyot et avec lequel nous nous proposions de photographier la couronne solaire lorsque le Soleil n'était que partiellement éclipsé. Cette partie du programme n'a pu être réalisée à cause des nuages. Mais une plaque a été exposée pendant toute la durée de la totalité. L'écran rouge du coronographe Lyot a nécessairement réduit l'étendue de la couronne qui se présente, sur le cliché, sous forme d'une auréole de 10' de largeur. Nous ajouterons que, quelques minutes après la totalité, en observant visuellement dans l'instrument, nous avons pu voir le disque de la Lune se détacher sur la couronne solaire, extérieurement au Soleil.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'étiologie du* Bayoud, *maladie au Palmier Dattier*. Note [1] de MM. **René Maire, Étienne Foëx** et **Georges Malençon.**

La maladie du Bayoud, qui atteint le Palmier Dattier (*Phoenix dactylifera* L.) et désole les oasis du Sahara Marocain, a fait l'objet, depuis près d'une quinzaine d'années, de recherches déjà nombreuses; ses symptômes sont bien connus et nous n'avons pas à y revenir. Qu'il nous suffise de rappeler qu'à l'heure actuelle, après avoir hésité entre différentes hypothèses, les pathologistes semblent d'accord pour reconnaître au Bayoud une origine infectieuse et parasitaire. Quant à l'agent causal et à l'étiologie de la maladie, le mystère est resté entier jusqu'ici. Béguet et Sergent [2] ont cependant isolé dès 1921 un Champignon végétant dans les tissus malades, que Maire et Killian [3] ont décrit en 1930 sous le nom de *Cylindrophora albedinis*. Pourtant, les infections tentées par divers auteurs ayant toujours donné des résultats négatifs et aucune fructification du mycélium n'ayant pu être rencontrée à l'état naturel, des doutes sur le rôle étiologique du *Cylindrophora* s'étaient produits, et l'on s'était demandé s'il ne s'agissait pas d'un commensal. On pouvait croire que le *Cylindrophora* envahissait des arbres déjà déprimés par une autre cause et l'action d'un ultravirus a pu être envisagée.

Le Gouvernement du Protectorat marocain, ému par l'importance du mal, a désigné en 1932 un pathologiste et une Commission chargés spécialement de la question du Bayoud. A la suite des travaux entrepris, d'intéressants résultats ont été acquis. Il y a quelques mois, Malençon observait pour la première fois d'abondantes conidies intravasculaires du *Cylindrophora* dans des palmes malades provenant du Tafilalet. Ce fait très important et nouveau a pu être confirmé à plusieurs reprises ces temps derniers sur des arbres étudiés à Tinifift et à Bou-Denib par les auteurs de cette Note.

Les conidies se rencontrent particulièrement dans la partie basilaire du rachis des palmes, surtout dans les cas de Bayoud encore récent. A ce niveau on n'observe généralement pas le rosissement caractéristique des

---

(1) Séance du 1er mai 1933.

(2) *Comptes rendus*, 172, 1921, p. 1624.

(3) *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord*, 21, 1930, p. 89-101, pl. 7-8.

tissus bayoudés; par contre, autour des vaisseaux malades et sur une épaisseur de 1 à 2^{mm}, le parenchyme devient translucide, de sorte qu'à la section cette partie présente une surface blanchâtre, opaque, vergetée de taches aqueuses et transparentes, au milieu desquelles passent les vaisseaux. Le mycélium, au moins dans les premiers états de l'attaque, est uniquement cantonné aux tissus vasculaire et fibreux, et les conidies se forment en masses parfois si abondantes qu'elles oblitèrent la cavité des gros vaisseaux. Le parenchyme est pénétré beaucoup plus tardivement et des conidies peuvent également se constituer dans ses cellules, mais bien plus rarement que dans le tissu vasculaire. Ces conidies se développent d'ailleurs abondamment dans toutes les cavités qui peuvent se former, par divers processus, dans les tissus.

L'abondance de ces conidies permet de comprendre la transmission de la maladie par un véhicule quelconque (instruments de taille et peut-être insectes).

L'étude de cas très récents de la maladie nous a montré que celle-ci débute dans les bases des palmes, qu'elle progresse d'abord longitudinalement, très rapidement vers le haut, plus lentement vers le tronc; la progression transversale paraît encore plus lente. La descente de l'infection dans le tronc et sa progression latérale amènent la contamination successive de nouveaux territoires vasculaires et la mort successive des palmes, puis finalement celle de l'arbre, quand les vaisseaux du bourgeon terminant sont infectés.

La maladie se présente donc nettement sous l'aspect d'une trachéomycose comparable, par exemple, à celles produites par les *Verticillium Dahliae* sur les *Ailanthus* et *V. albo-atrum* sur la pomme de terre. Il nous paraît donc que le *Cylindrophora albedinis* peut être envisagé comme l'agent du Bayoud, sous réserve, bien entendu, des résultats que pourront donner de nouvelles expériences d'infection qui doivent être entreprises prochainement.

Il se confirme que quelques variétés de Dattier possèdent une certaine résistance et même une immunité presque totale. L'une de ces variétés, le Khalt, peut supporter le Bayoud. Nous avons pu étudier, dans le Tafilalet un palmier de cette variété, atteint de Bayoud depuis 12 ans, présentant des attaques de *Cylindrophora* localisées et fructifiant régulièrement.

Nos recherches récentes éclairent donc en partie le mystère qui entourait jusqu'à présent la question du Bayoud et permettent d'espérer que des traitements prophylactiques, et la sélection de variétés résistantes enraieront la progression de ce fléau.

NOMINATIONS.

M. R. **Bourgeois** est désigné pour représenter l'Académie à l'inauguration de la plaque commémorative du *Comte Daru* le 10 juin 1933, à Paris, 81, rue de Grenelle.

M. É. **Cartan** est désigné pour représenter l'Académie à l'inauguration du buste de *Gaston Darboux*, le 22 octobre 1933, au *Lycée de Nîmes*.

M. E. **de Margerie** est désigné pour représenter l'Académie à la XVIe session du *Congrès géologique international* qui se tiendra à Washington du 22 au 29 juillet 1933.

ÉLECTIONS.

M. **Frank Schlesinger** est élu Correspondant pour la Section d'Astronomie, en remplacement de M. *Turner* décédé, par 39 suffrages. Il y a un bulletin nul.

PLIS CACHETÉS.

M. **André Pupier** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 7 avril 1930 et enregistré sous le n° 10286.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée *Dispositifs proposés pour la prévention ou la suppression du mal de mer (mal de cœur)*.

(Renvoi à la Section de Médecine et Chirurgie.)

M. L. **Chopin** demande l'ouverture de trois plis cachetés reçus dans les séances du 13 octobre 1930 et 30 mars 1931 et enregistrés sous les nos 10339, 10404 et 10405.

Ces plis, ouverts en séance par M. le Président, contiennent des Notes intitulées respectivement :

N° 10339 : *Observations relatives à l'évolution d'une tumeur vasculaire* (*Nœvus*).

(Renvoi à la Section de Médecine et Chirurgie.)

N° 10404 : *Dispositifs permettant d'assurer le fixage automatique des émulsions photographiques sur papiers ou cartolines.*

N° 10405 : *Nouveau modèle du porte-filtre coloré.*

(Renvoi à la Section de Physique.)

CORRESPONDANCE.

M. **G. Perrier**, président de la Société française de Photographie et Cinématographie, invite l'Académie à se faire représenter à la célébration du centenaire de la mort de *Nicéphore Niepce*, à Chalon-sur-Saône les 4 et 5 juin 1933.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° G. Hardy et Ch. Richet fils. *L'Alimentation indigène dans les Colonies françaises.* (Présenté par M. Ch. Richet.)

2° *Traité d'Algologie*, par Pierre Dangeard. (Présenté par M. Ph. Dangeard.)

3° *Machines agricoles*, par Tony Ballu. (Présenté par M. L. Lecornu.)

GÉOMÉTRIE. — *Sur le paratingent d'un ensemble isodistant d'un ensemble ponctuel.* Note (¹) de M. **Lucien Chamard**, présentée par M. Élie Cartan.

Je reprends notations et abréviations de ma récente Communication (²) où je montrais qu'en un point M de la frontière extérieure et de la classe β,

(¹) Séance du 1er mai 1933.

(²) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 930.

le ptg de F_ρ est complet. J'étudierai le ptg en un point M non isolé de la frontière intérieure, lequel est forcément (β). Soient $\{M_i\}$ une suite de points de F_ρ tendant vers M, et Π_i le plan médiateur de MM_i. J'utilise les résultats suivants :

I. Chaque position limite Π de Π_i est plan d'appui du faisceau $\Phi(M)$ des projetantes de M.

II. L'accumulatif des projetantes de M_i est dans toute position limite Π de Π_i, donc dans un plan d'appui *effectif* (= contenant au moins une projetante) de $\Phi(M)$.

III. Soit dorénavant Π_{ij} le plan médiateur de la corde M_iM_j dont les extrémités M_i et M_j tendent vers M. Par rapport à une position limite quelconque Π' de Π_{ij}, les accumulatifs de $\Phi(M_i)$ et de $\Phi(M_j)$ demeurent respectivement du côté de M_i et du côté de M_j.

Les points tendant vers M sont (β) ou (γ), mais ont toujours un faisceau de projetantes non strictement convexe, ce qui se transmet à leurs accumulatifs.

Ces préliminaires conduisent au résultat cherché :

Théorème. — *Le ptg de* F_ρ *au point* M *non isolé de la frontière intérieure est dans un plan contenant les R. A.*

Soit en effet $\{M_iM_j\}$ quelque suite de cordes de F_ρ tendant vers M. Aucun des faisceaux $\Phi(M_i)$, $\Phi(M_j)$, $\Phi(M)$ n'est strictement convexe et il en va de même pour leurs accumulatifs. D'après II, l'accumulatif de $\Phi(M_i)$ est dans un plan d'appui effectif Π de $\Phi(M)$. Une position limite Π' de Π_{ij} passe par M. Distinguons :

Premier cas : $\Pi' = \Pi$. — La droite portant M_iM_j tend vers la perpendiculaire en M au plan d'appui effectif Π de $\Phi(M)$; à ce titre, elle porte un R. A. frontière.

Second cas : $\Pi' \neq \Pi$. — L'accumulatif, non strictement convexe, de $\Phi(M_i)$ devant être dans Π (d'après II) et d'un seul côté de Π' (d'après III), contient deux éléments opposés MA et MA' sur la droite $(\Pi.\Pi')$. Le plan perpendiculaire en M à MA et à MA' contient les R. A. de M. D'autre part, la droite portant M_iM_j tend vers une perpendiculaire en M à Π', donc à MA.

C. Q. F. D.

GÉOMÉTRIE. — *Un théorème relatif aux espaces localement projectifs et sa généralisation.* Note de M. G. **Ehresmann**, présentée par M. Elie Cartan.

Définition. — Un espace localement projectif est une variété topologique sur laquelle est défini un système de courbes, appelées géodésiques, tel qu'il existe une représentation topologique d'un voisinage de chaque point sur un voisinage de l'espace projectif, les segments de géodésiques ayant pour images les segments de droites.

Nous cherchons à représenter un espace localement projectif E_n sur l'espace projectif, ou mieux sur l'espace sphérique. Les transformations linéaires et homogènes de $n+1$ variables définissent un groupe, que nous appelons le groupe projectif de l'espace sphérique, quand on considère comme transformation identique celles qui sont définies par la matrice unité multipliée par un facteur positif. Le raisonnement qui est résumé ici utilise essentiellement le fait que l'espace sphérique est simplement connexe, et le lemme suivant, conséquence immédiate du théorème fondamental de la géométrie projective :

Lemme. — *Si deux domaines de l'espace projectif (ou de l'espace sphérique) sont en correspondance topologique, les segments de droites ayant pour images des segments de droites, il existe une transformation projective bien déterminée qui réalise cette correspondance.*

Toute courbe $\widehat{OM}$ de l'espace E_n peut être recouverte par une chaîne de voisinages dont chacun admet une représentation géodésique sur l'espace sphérique. Quand la représentation d'un voisinage de O est fixée, celle de toute la chaîne est bien déterminée. Donc toute courbe de l'espace E_n, ainsi qu'un voisinage ouvert de cette courbe, admet un développement bien déterminé sur l'espace sphérique. La condition nécessaire et suffisante pour qu'on obtienne toute courbe de l'espace sphérique comme image d'une courbe de E_n est que E_n soit un espace clos à groupe de Poincaré fini. L'espace universel de recouvrement de E_n est alors équivalent à l'espace sphérique. E_n peut être défini à partir de l'espace sphérique par un groupe fini de transformations projectives sans points invariants. Comme un tel groupe fini peut être considéré comme orthogonal, on arrive au théorème :

Théorème. — *Les espaces localement projectifs clos et à groupe de Poincaré fini sont équivalents aux espaces localement sphériques* (espaces de Riemann à courbure constante positive).

Le raisonnement précédent (1) s'applique à l'étude des espaces localement homogènes dont la structure est caractérisée par un pseudo-groupe de Lie (2). Voici les principales étapes de cette étude.

Soit E_n un espace localement homogène que nous supposerons localement équivalent à un espace homogène de Lie H_n.

I. L'espace universel de recouvrement de H_n fournit un espace homogène $\overline{H_n}$ simplement connexe.

II. Une transformation topologique entre deux domaines d'un $\overline{H_n}$, qui change toute transformation infinitésimale en une autre transformation infinitésimale du groupe de structure de $\overline{H_n}$, est réalisée par une automorphie de tout l'espace $\overline{H_n}$.

III. Toute courbe de E_n, ainsi qu'un voisinage ouvert de cette courbe, admet une représentation bien déterminée sur $\overline{H_n}$, la représentation conservant la structure locale.

IV. Si $\overline{H_n}$ est clos, tout E_n clos et à groupe de Poincaré fini admet $\overline{H_n}$ comme espace universel de recouvrement et se trouve caractérisé par un groupe fini d'automorphies de $\overline{H_n}$ sans points invariants dans $\overline{H_n}$. Si $\overline{H_n}$ est ouvert, tout E_n clos a un groupe de Poincaré infini.

Remarquons qu'il n'existe pas toujours un espace homogène de Lie qui soit localement équivalent à un espace localement homogène donné. Ceci résulte du fait qu'il y a des groupes de Lie simplement connexes G admettant des sous-groupes continus g qui sont ouverts dans G. L'ensemble de deux tels groupes (3) G et g définit toujours un pseudo-groupe dans un certain domaine, mais il n'existe pas de groupe global qui soit localement semblable à ce pseudo-groupe. En d'autres termes, le deuxième théorème de Lie peut affirmer seulement l'existence d'un pseudo-groupe engendré par un système donné de transformations infinitésimales. Par contre, il existe toujours, comme il a été démontré par M. E. Cartan (4), un groupe complet satisfaisant aux conditions du troisième théorème de Lie.

---

(1) Adapté du raisonnement de M. E. Cartan, *Leçons sur la Géométrie des espaces de Riemann*, Chap. III (Paris, 1928).

(2) Voir O. Veblen and J. H. C. Whitehead, *The Foundations of differential Geometry* (Cambridge Tracts, n° 29, 1932), Chap. VI et VII, et J. H. C. Whitehead, *Locally homogeneous Spaces, etc.* (*Ann. of Math.*, 33, 1932, p. 681-687).

(3) E. Cartan, *La Théorie des groupes finis et continus et l'*Analysis situs (*Mémorial Sc. math.*, fasc. XLII, Paris, 1930, p. 25).

(4) *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 914-916 et 1005-1007.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur certains problèmes relatifs aux espaces de Finsler.* Note de M. **Paul Delens**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Nous indiquons ici certaines propriétés angulaires locales des espaces de Finsler (1). Nous n'explicitons pas les coordonnées x^i du point M, regardées comme constantes, et écrivons la forme fondamentale $F(p^i)$, avec $p^i = dx^i$; nous employons les formules et notations

$$(1)\quad \begin{cases} d\varphi^2 = \frac{1}{F} F_{(ij)}\, dp^i\, dp^j = g_{ij}\, dX^i\, dX^j, \qquad \Psi_3 = \frac{1}{F^3} A_{ijk}\, dp^i\, dp^j\, dp^k; \\ \Pi_1 = A_i\, dp_i = d \log \sqrt{g}; \end{cases}$$

$$(2)\quad X^i = \frac{p^i}{F}, \quad G = \frac{1}{2} F^2, \qquad g_{ij} = G_{(ij)}, \qquad A_{ijk} = \frac{1}{2} F G_{(ijk)}, \qquad A_i = \frac{1}{F} g^{jk} A_{ijk},$$

les indices (i), (ij), ... indiquent des dérivées partielles par rapport aux p^i $(i = 1, 2, \ldots, n)$.

Dans l'espace affin auxiliaire $\mathfrak{A}$, relatif au point M, l'hypersurface indicatrice S a pour équation $F(p^i) = 1$; les p^i sont les coordonnées du point courant P de $\mathfrak{A}$, les X^i celles de P_S sur S. Les propriétés angulaires locales sont celles de l'indicatrice pour le groupe affin Γ'' de $\mathfrak{A}$, conservant le point M; l'élément linéaire projectif de S est invariant et a pour expression

$$-\frac{\Psi_3}{d\varphi^2} + \frac{3}{n+2}\Pi_1.$$

2. Les espaces $A_i \equiv 0$ constituent une classe importante d'espaces de Finsler (2). Or l'hyperquadrique Q_S, d'équation $g^0_{ij} p^i p^j = 1$, oscule l'indicatrice en $P_S = P^0_S$; nous appelons volume d'Apollonius (réel ou imaginaire) la quantité $w = \sqrt{g^{-1}}$. Soient d'autre part, en un point d'une surface, $\mathcal{K}$ la courbure totale, produit de $n-1$ courbures conjuguées, δ la distance de M à l'hyperplan tangent; pour Q_S, on obtient aisément

$$(3)\quad g = \frac{1}{w^2} = \frac{\mathcal{K}}{\delta^{n+1}}.$$

---

(1) Voir une Note précédente : P. Delens et J. Devisme, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 518.

(2) Cf. É. Cartan, *Les espaces métriques fondés sur la notion d'aire* (*Actualités scientifiques et industrielles*, *Exposés de Géométrie*, 1, 1933).

Cette expression est un invariant (Γ'') *du contact de second ordre*, transférée en P_s de Q_s à l'indicatrice, donc :

Les indicatrices des espaces de Finsler $A_i \equiv 0$ *sont osculées par des hyperquadriques de volume d'Apollonius constant; ces indicatrices sont, pour* $n=2$, *les coniques de centre* M; *pour* $n=3$, *les surfaces de Tzitzéica; pour* $n>3$, *des hypersurfaces généralisant les surfaces précédentes.*

3. En posant, pour n quelconque, le problème de la représentation conforme des espaces de Finsler, c'est-à-dire exprimant que deux formes F et $F^\star = \alpha F$ ont même $d\varphi^2$, les conditions d'intégrabilité, si les $\alpha_{(i)}$ ne sont pas nuls, donnent

$$(4)\qquad F_{ij,rs} \equiv F_{(ir)} F_{(js)} - F_{(is)} F_{(jr)} = 0.$$

Pour $n>2$, ceci entraîne $g=0$: espaces de Finsler *singuliers*, que nous laissons de côté. *Il reste alors seulement la solution banale* $\alpha =$ const.

4. Pour $n=2$, la solution du problème est donnée par

$$(5)\qquad \alpha = a\int \frac{p^1\,dp^2 - p^2\,dp^1}{F^2} = 2a\int d\mathcal{S} = a\int \rho^2\,d\theta \qquad (a = \text{const.}),$$

$d\mathcal{S}$ étant l'élément d'aire, limitée à l'indicatrice, balayée par le rayon vecteur MP_s, ρ et θ les coordonnées polaires pour l'indicatrice; avec $F=\rho f(\theta)$, l'équation de l'indicatrice est $\rho^{-1}=f(\theta)$, et la solution (5) coïncide avec celle donnée par M. Golab [1]. Pour la représentation sur un espace riemannien, l'indicatrice est une spirale hyperbolique et l'on peut, avec M. Golab, rejeter cette solution, $f^\star$ n'étant pas fonction périodique de θ. Mais la démonstration de M. Golab pour le cas général, basée sur la monotonie de α, suppose la fonction f privée de zéros, ce qui nous semble bien restrictif.

Nous acceptons pour f zéros et infinis. Ainsi l'élément linéaire projectif ($n=2$) définit une métrique de Finsler et une métrique angulaire

$$F = \frac{b(p^1)^3 + c(p^2)^3}{2p^1p^2}, \qquad d\varphi = \sqrt{2}\,d\log\frac{p^2}{p^1};$$

cette forme F, *avec b, c constantes arbitraires*, est l'expression générale correspondant au $d\varphi$ ci-dessus (au signe près), donc :

Deux éléments linéaires projectifs arbitraires (à deux dimensions) *admettent une représentation conforme l'un sur l'autre.*

5. La relation trouvée pour $n=2$ conduit, pour n quelconque, à un problème analogue de représentation avec conservation des angles *solides;*

---

(1) St. Golab, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 25 et 986.

posons le problème pour $n=3$: au lieu de $d\varphi^2$, on considère la forme

$$d\Phi^2 = \frac{1}{F^2} F_{ij,rs} [dp^i\, dp^j]\,[dp^r\, dp^s]; \tag{6}$$

pour des formes F* et F de même $d\Phi^2$, les réseaux définis par $d\varphi^2 \pm d\varphi^{*2} = 0$, projetés de M, se divisent harmoniquement. La solution du problème dépend d'une équation de Monge-Ampère.

L'analogie des deux problèmes est en évidence dans (3) et

$$\left\{\begin{aligned} & d\varphi = 2\sqrt{g}\, d\mathcal{S} = 2\frac{d\mathcal{S}}{\varpi} = \sqrt{\frac{d\omega\, de}{\delta}} = 2\sqrt{d\mathcal{S}'\, d\mathcal{S}}, \\ & g = \frac{d\mathcal{S}'}{d\mathcal{S}}, \qquad \mathcal{K} = \frac{d\omega}{de} \qquad (\text{pour } n=2); \end{aligned}\right. \tag{7}$$

$$\left\{\begin{aligned} & d\Phi = 3\sqrt{g}\, d\mathcal{V} = 3\frac{d\mathcal{V}}{\varpi} = \sqrt{\frac{d\Theta\, d\mathcal{E}}{\delta^2}} = 3\sqrt{d\mathcal{V}'\, d\mathcal{V}}, \\ & g = \frac{d\mathcal{V}'}{d\mathcal{V}}, \qquad \mathcal{K} = \frac{d\Theta}{d\mathcal{E}} \qquad (\text{pour } n=3); \end{aligned}\right. \tag{8}$$

les accents se rapportent à la polaire réciproque de l'indicatrice par rapport au cercle [à la sphère] de centre M, de rayon un, et $d\mathcal{V}$ désigne un élément de volume conique.

GÉOMÉTRIE DES ENSEMBLES. — *Sur les courbes rectifiables.* Note (1) de M. **Arnaud Denjoy.**

Soit, dans une espace cartésien, une courbe rectifiable C dont l'origine coïncide avec celle des coordonnées. Par définition un ensemble linéaire mince (de mesure nulle) de points de C peut être enfermé dans une famille d'arcs de longueur inférieure à ε positif donné quelconque. D'après un théorème de M. Lebesgue, la tangente à C existe sur une pleine épaisseur de C. Soit t l'extrémité du vecteur unitaire porté par la tangente menée dans le *sens des arcs croissants* au point M de C où l'on suppose qu'elle existe.

On peut construire une courbe *plane simple* C, une courbe gauche *simple* C', telles que, *au voisinage de tout point* N *de* C, de C', *les points* t *correspondants forment* respectivement *une pleine épaisseur du cercle trigonométrique* pour C, *de la sphère* $\overline{Ot} = 1$ pour C'.

(1) Séance du 1er mai 1933.

Le premier de ces exemples montre que, même dans le cas d'une courbe simple rectifiable C, la notion de côtés positif et négatif de C quand on connaît son sens de parcours, n'est pas sans obscurité. Nous la définirons plus loin.

Quel sens *géométrique* convient-il de donner à la propriété d'*additivité complète* pour la *mesure des ensembles sur* C ?

L'additivité restreinte correspond à ce fait que, si C est divisé en un nombre fini d'arcs, répartis en plusieurs groupes, si la courbe Γ_i parcouru par M_i est obtenue en ajoutant bout à bout à partir de l'origine, par translation, les arcs du $i^{\text{ième}}$ groupe : 1° le vecteur $\overrightarrow{OM}$ est la somme des vecteurs $\overrightarrow{OM_i}$, un seul des points M_i variant à la fois quand M parcourt C; 2° l'arc $\widehat{OM} = s$ de C est la somme des arcs $\widehat{OM_i} = s_i$ des Γ_i.; 3° les tangentes en M à C et au point variant M_j à Γ_j sont parallèles si elles existent.

L'additivité complète a le sens suivant : C étant divisé en un nombre fini ou une infinité dénombrable d'ensembles épais e_n, deux à deux distincts, faisons correspondre à e_n la courbe Γ_n décrite par $M_n(x_n, y_n, \ldots)$ si, φ_n étant la fonction caractéristique de e_n,

$$x_n = \int_0^s \varphi_n \frac{dx}{ds}\, ds, \qquad y_n = \int_0^s \varphi_n \frac{dy}{ds}\, ds, \qquad \ldots.$$

L'arc $s_n = \widehat{OM_n}$ de Γ_n est la mesure de e_n sur l'arc $\widehat{OM} = s$ de C. Trois propriétés simultanées traduisent géométriquement l'additivité complète : 1° $\overrightarrow{OM} = \Sigma \overrightarrow{OM_n}$; 2° $s = \Sigma s_n$; 3° *sur une pleine épaisseur de* C, *la tangente en* M *à* C *est parallèle à la tangente à* Γ_n *au point* M_n, *si* M *est sur* e_n.

Par exemple, divisons le segment $0 \leqq s \leqq 1$ en trois ensembles partout épais E_1, E_2, E_3 dont les mesures sur $(0, s)$ sont s_1, s_2, $s_3 (s_1 + s_2 + s_3 = s)$.

La courbe C *décrite par* $M(s_1, s_2, s_3)$ *a pour arc la somme des trois coordonnées de* M, *et, sur une pleine épaisseur de* C, *la tangente est parallèle à l'un des axes de coordonnées* (à Ox, à Oy ou à Oz selon que s est sur E_1, E_2 ou E_3).

La même décomposition de C s'applique si les coordonnées x, y, ... de M sont données en fonctions *non absolument continues* d'un paramètre $u(\alpha \leqq u \leqq \beta)$. Soit e' l'ensemble des points M où dx/du, dy/du, ... existent simultanément et sont finis. M' décrivant Γ' a pour coordonnées

$$x' = \int_\alpha^u \frac{dx}{du}\, du, \qquad y' = \int_\alpha^u \frac{dy}{du}\, du, \qquad \ldots,$$

les coefficients différentiels étant remplacés par 0 aux points de l'ensemble (u)

mince où l'une des dérivées n'existe pas ou est infinie. e'' est l'ensemble complémentaire de e' sur C. Le point M'' décrivant Γ'' a pour coordonnées $x''=x-x'$, $y''=y-y'$, ... On en conclut :

$$s=\int_{\alpha}^{u}\sqrt{\left(\frac{dx}{du}\right)^2+\left(\frac{dy}{du}\right)^2+\ldots}\,du+\lim_{\omega=0}\sum_{i=1}^{i=m}\sqrt{(x''_i-x''_{i-1})^2+(y''_i-y''_{i-1})^2+\ldots},$$

si $M''_i(x''_i, y''_i, \ldots)$ correspond à $u=u_i$, avec $u_0=\alpha$, $u_m=\beta$, $0<u_i-u_{i-1}\leqq\omega$.

Enfin, sur une pleine épaisseur de C, la tangente en M à C est parallèle, soit à la tangente en M' à Γ', soit à la tangente en M'' à Γ'', selon que M est sur e' ou sur e''.

II. Le sens de parcours d'une courbe simple de Jordan Γ est fixé par le sens de variation du paramètre (linéaire ou circulaire) déterminant les coordonnées d'un point de Γ.

R étant une région limitée par la courbe Γ, si A, B, C, rencontrés dans cet ordre sur Γ parcouru dans le sens direct, sont joints à un point O de R par des lignes brisées ou des arcs-intervalles (extrémités exclues) (OA), (OB), (OC) intérieurs à R et deux à deux sans point commun, la succession des trois arcs autour de O définit un sens de rotation. *Ce sens est indépendant du choix des points* O, A, B, C. Selon que ce sens est le sens direct ou le sens rétrograde des rotations, R sera dit la *région positive* ou la *région négative* de Γ. Si (OA) est infiniment voisin de (OB) et si l'arc direct AB de Γ est infiniment petit, la région R de Γ aura le même signe (positif ou négatif) que le sens de la rotation infiniment petite faisant succéder (OB) à (OA).

On établit aisément ces propositions en les appuyant sur le même lemme que ma démonstration du théorème de Jordan sur les courbes simples, rappelée dans ma Note du 3 janvier dernier ([1]).

III. J'ajouterai une remarque évidente à ma Note du 20 mars dernier.

Si $f(z)$ *est holomorphe sur une courbe* C *et dans la région finie* R *limitée par* C, *les formules*

$$\int_C f(z)\,dz=0,\qquad f(x)=\frac{1}{2i\pi}\int_C\frac{f(z)}{z-x}\,dz\qquad (x \text{ dans R})$$

ont un sens et sont exactes dès que C *a une longueur quadratique nulle*. Il serait curieux de savoir si, cette dernière condition étant vérifiée, les formules valent quand $f(z)$ est continue et à nombres dérivés bornés sur C.

([1]) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 29-32.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'itération de certaines substitutions fonctionnelles linéaires.* Note [1] de M. **André Fouillade**, présentée par M. Élie Cartan.

Soit une substitution fonctionnelle linéaire positive effectuée dans un domaine plan borné Ω sur une fonction $F(P)$ continue dans Ω et sur sa frontière Σ. Une telle substitution sera dite de la *classe* Γ quand elle conserve l'unité, les valeurs périphériques et la continuité dans $\Omega+\Sigma$. La transformée de $F(P)$ peut s'écrire

$$F_1(P)=\int\int_{\Omega} F(M)\, d_M K(e, P).$$

La fonction $K(e, P)$ fait correspondre à chaque point P un système de masses positives de somme égale à 1. J'ai déjà signalé [2] *la convergence des itérées* $F_1(P), F_2(P), \ldots, F_n(P), \ldots$ *au moyen d'une substitution telle que le système massique relatif à chaque point* P *ait son centre de gravité en* P. Pour l'étude de cas plus généraux, je définis les substitutions $\Gamma^2, \Gamma^3, \ldots, \Gamma^n, \ldots$ qui sont de la classe Γ et permettent le passage direct de $F(P)$ aux $F_n(P)$; cela, en prolongeant l'idée de puissance d'une substitution finie, introduit, pour chaque point P, des fonctions d'ensemble $K^2(e, P)$, $K^3(e, P), \ldots, K^n(e, P), \ldots$ telles que l'on ait

$$F_n(P)=\int\int_{\Omega} F(M)\, d_M K^n(e, P).$$

Le problème de la convergence de la suite F_n revient à celui de la limite des répartitions massiques successives, attachées, d'après ce procédé, à un même point P. Le passage de $K^n(e, P)$ à $K^{n+1}(e, P)$ est la limite de l'opération qui, après avoir divisé Ω en éléments très petits, répartit la masse $K^n(d\sigma_M, P)$ de chaque élément $d\sigma_M$ proportionnellement à $K(e, M)$ et totalise les répartitions relatives à chaque élément. Ce point de vue permet de démontrer le théorème suivant :

La convergence des itérées de $F(P)$ *est assurée lorsque la substitution* Γ *est telle que par tout point* P *intérieur à* Ω *on puisse mener, parallèlement à une*

---

[1] Séance du 1er mai 1933.

[2] A. Fouillade, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1010.

direction fixe Δ, *un axe* $X_P P X'_P$ *laissant à sa droite le centre de gravité du système de masses attaché à* P.

L'hypothèse équivaut à celle de la majoration, au sens strict, d'une fonction $f(P) = Ax + By + C$, à l'intérieur de Ω. On a

$$f_1(P) > f(P), \qquad f_2(P) = \int\int_\Omega f_1(M)\, d_M K(e, P) > f_1(P), \qquad \ldots;$$

donc la suite f_n converge. Considérons la fonction $g(M) = f_1(M) - f(M)$, elle est continue, positive dans Ω, nulle sur Σ, et ses itérées tendent vers zéro en tout point de $\Omega + \Sigma$: zéro est la limite de

$$g_n(P) = \int\int_\Omega g(M)\, d_M K^n(e, P).$$

Soit ω un domaine où l'on a partout $g(M) \geqq \varepsilon > 0$

$$g_n(P) \geqq \int\int_\Omega g(M)\, d_M K^n(e, P) \geqq \int\int_\omega \varepsilon\, d_M K^n(e, P) = \varepsilon \int\int_\omega d_M K^n(e, P).$$

On en déduit que la masse portée par ω tend vers zéro, et comme $g(M)$ est continue, on peut choisir ε de façon que ω soit aussi voisin qu'on veut de Ω : les masses de $K^n(e, P)$ se concentrent sur Σ pour n infini, dont tendent vers une répartition invariante par l'opération qui fait passer de K^n à K^{n+1}. En vertu d'un théorème de M. de La Vallée Poussin (*Ann. de l'Inst. H. Poincaré*, note 1, 61, p. 222), la suite

$$F(P), \qquad F_1(P) = \int\int_\Omega F(M)\, d_M K(e, P), \qquad \ldots,$$
$$F_n(P) = \int\int_\Omega F(M)\, d_M K^n(e, P), \ldots$$

converge, F(P) étant une fonction quelconque continue dans Ω, et *la fonction limite ne dépend que d'un ensemble de valeurs de la fonction initiale sur* Σ.

Le raisonnement précédent suppose seulement qu'une fonction continue F(M) est majorée dans Ω, et il conduirait aux mêmes conclusions, si Γ était remplacé par une de ses puissances, en ce qui concerne la majoration de $f(P)$:

L'existence d'une fonction continue $f(P)$ *majorée dans* Ω *par une puissance d'une substitution* Γ *est une condition suffisante pour que les itérées au moyen de* Γ *de toute fonction continue* F(P) *convergent vers une fonction indépendante des valeurs de* F(P) *à l'intérieur de* Ω.

Cette condition est réalisée pour des substitutions signalées par M. Bouligand (¹) et pour celles dont il est question dans ma Note précitée. J'ai pu montrer qu'*une condition nécessaire à la convergence est l'existence d'une fonction non minorée*. En effet, toute fonction limite $\mathcal{F}(P)$ est invariante par Γ, et l'on a

$$\varphi(P) = [\mathcal{F}(P)]^2 = \left\{ \int\int_{\Omega} \mathcal{F}(M)\, d_M K(e, P) \right\}^2$$
$$\leqq \int\int_{\Omega} [\mathcal{F}(M)]^2\, d_M K(e, P) \int\int_{\Omega} d_M K(e, P) = \varphi_1(P).$$

On peut encore montrer que la masse portée par un ensemble sur lequel la fonction φ est strictement majorée tend vers zéro, mais cela ne suffit pas pour que $K_n(e, P)$ tende vers une limite unique.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques problèmes mixtes dans une couronne circulaire*. Note de M. **Caius Jacob**, présentée par M. Henri Villat.

1. Nous nous proposons de résoudre les deux problèmes mixtes suivants, qui généralisent certains problèmes étudiés par M. H. Villat (²).

I. Déterminer une fonction $F_1(z) = U + iV$, holomorphe dans la couronne circulaire de rayons R, R' $(R' < R)$ et qui vérifie presque partout, sur les frontières, les relations fonctionnelles

$$\lambda U - \mu \frac{dU}{dn_i} = \varphi(\varepsilon), \text{ pour } z = Re^{i\varepsilon}; \qquad \lambda' U - \mu' \frac{dU}{dn_i} = \psi(\varepsilon) \text{ pour } z = R'e^{i\varepsilon} \ (0 \leqq \varepsilon \leqq 2\pi).$$

II. Déterminer une fonction $F_2(z) = U + iV$ répondant aux conditions

$$\lambda U - \mu \frac{dU}{dn_i} = \varphi(\varepsilon) \text{ pour } z = Re^{i\varepsilon}; \qquad \lambda' V - \mu' \frac{dV}{dn_i} = \psi(\varepsilon) \text{ pour } z = R'e^{i\varepsilon},$$

les fonctions $\varphi(\varepsilon)$, $\psi(\varepsilon)$ étant sommables en valeur absolue, au sens de M. Lebesgue; λ, λ', μ, μ' sont des paramètres réels.

Un problème voisin du problème I a été étudié par U. Dini (³), en supposant les données développables en séries trigonométriques uniformé-

(¹) G. Bouligand, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 430.
(²) H. Villat, *Acta mathematica*, 40, 1916, p. 101-178.
(³) U. Dini, *Rendiconti di Palermo*, 36, 1913, p. 1-28.

ment convergentes, et par M. H. Poncin [1], en supposant les données sommables et de carrés sommables avec $\mu'=0$.

2. En supposant vérifiée la condition d'uniformité

$$(1)\qquad \frac{1}{2\pi\lambda}\int_0^{2\pi}\varphi(\varepsilon)\,d\varepsilon=\frac{1}{2\pi\lambda'}\int_0^{2\pi}\psi(\varepsilon)\,d\varepsilon=\alpha_0,$$

la solution du problème I est donnée par

$$(2)\qquad F_1(z)=\alpha_0+iC+\frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi}\varphi(\varepsilon)\,K_1(ze^{-i\varepsilon})\,d\varepsilon-\frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi}\psi(\varepsilon)\,K_2(ze^{-i\varepsilon})\,d\varepsilon,$$

en posant

$$(3)\qquad K_1(z)=\sum_{-\infty}^{+\infty}{}'\,\frac{\lambda'+n\mu'R'^{-1}}{D_1(n)}\left(\frac{z}{R'}\right)^n;\qquad K_2(z)=\sum_{-\infty}^{+\infty}{}'\,\frac{\lambda-n\mu R^{-1}}{D_1(n)}\left(\frac{z}{R}\right)^n,$$

et en supposant que les paramètres ne vérifient pas la relation caractéristique

$$(4)\qquad \begin{aligned} D_1(n)= {} & R^nR'^{-n}(\lambda+n\mu R^{-1})(\lambda'+n\mu'R'^{-1}) \\ & -R^{-n}R'^{n}(\lambda-n\mu R^{-1})(\lambda'-n\mu'R'^{-1})=0. \end{aligned}$$

Le comportement des noyaux $K_1(z)$, $N_1(z)$ au voisinage des frontières, suivant que μ et μ' sont nuls ou non, est manifeste. Dans tous les cas, on a la relation

$$(5)\qquad \lim_{(z=Re^{i\theta})}\mathcal{R}\left[\lambda F_1(z)+\frac{\mu}{R}z\frac{dF_1(z)}{dz}\right]=\lim_{(z=Re^{i\theta})}\mathcal{R}\left[\frac{i\omega_1}{\pi^2}\int_0^{2\pi}\varphi(\varepsilon)\,\zeta\left(\frac{\omega_1}{i\pi}\log\frac{z}{R}-\frac{\omega_1}{\pi}\varepsilon\right)d\varepsilon\right]$$

avec

$$\frac{R'}{R}=e^{-\frac{\pi\omega_3}{i\omega_1}},\qquad \omega_1>0,\qquad \frac{\omega_3}{i}>0.$$

Dès lors, en tenant compte des propriétés bien connues de l'intégrale de M. Villat, on peut affirmer que la première des relations (I) est bien vérifiée dans les conditions énoncées. La vérification est la même pour la seconde équation. De plus, si $\varphi(\varepsilon)$ et $\psi(\varepsilon)$ sont de carrés sommables, la partie imaginaire de $F_1(z)$ et ses dérivées normales (si $\mu\mu'\neq 0$) existent en général sur les frontières et sont de carrés sommables. Il est facile d'en donner les expressions.

3. La solution du problème II est donnée par

$$(6)\qquad F_2(z)=\frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi}\varphi(\varepsilon)\,K_2(ze^{-i\varepsilon})\,d\varepsilon+\frac{i}{\pi}\int_0^{2\pi}\Psi(\varepsilon)\,N_2(ze^{-i\varepsilon})\,d\varepsilon$$

---

[1] H. Poncin, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 573.

avec

(7) $$\begin{cases} K_2(z) = \dfrac{1}{2\lambda} + \sum_{-\infty}^{+\infty}{}' \dfrac{\lambda' + n\mu' R'^{-1}}{D_2(n)} \left(\dfrac{z}{R'}\right)^n, \\ N_2(z) = \dfrac{1}{2\lambda'} + \sum_{-\infty}^{+\infty}{}' \dfrac{\lambda - n\mu R^{-1}}{D_2(n)} \left(\dfrac{z}{R}\right)^n, \end{cases}$$

à moins que les paramètres ne vérifient la relation caractéristique

(8) $$\begin{aligned} D_2(n) = {} & R^n R'^{-n}(\lambda + n\mu R^{-1})(\lambda' + n'R'^{-1}) \\ & + R^{-n} R'^n(\lambda - n\mu R^{-1})(\lambda' - n\mu' R'^{-1}) = 0. \end{aligned}$$

Les circonstances rencontrées sont analogues à celles du problème I.

4. Dans le cas particulier où les paramètres vérifient la relation

(9) $$\lambda\mu' R + \lambda'\mu R' = 0,$$

les expressions précédentes se simplifient beaucoup. Il est alors facile de ramener à des quadratures la solution du problème de la détermination de $F(z)$ connaissant $\lambda U - \mu\, dU/dn_i$, $\lambda V - \mu\, dV/dn_i$ sur des arcs ω_j, π_k de la circonférence extérieure, et $\lambda' U - \mu'\, dU/dn_i$, $\lambda' V - \mu'\, dV/dn_i$ sur des arcs ω'_j, π'_k de la circonférence intérieure. Tout se ramène à l'intégration de l'équation

(10) $$\lambda F(z) + \frac{\mu}{R} \frac{dF(z)}{dz} = G(z),$$

où $G(z)$ est une fonction dont on connaît la partie réelle sur ω_j, ω'_j et la partie imaginaire sur π_k, π'_k, qu'on sait construire (¹) sous certaines conditions. Le problème admet en général une infinité de solutions. Les résultats d'une Note (²) précédente permettent aisément d'en donner la forme générale.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Accéléromètre à contact roulant.*

Note de M. F. **Charron**, présentée par M. M. Brillouin.

L'organe soumis aux forces d'inertie est une sorte de levier ACBD quasi rectiligne, dont le centre de gravité est voisin de l'extrémité D. Sur un quart de sa longueur environ, le bord a été ajusté suivant un arc de circon-

(¹) B. Demtchenko, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 141.

(²) C. Jacob, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 91.

férence ACB d'assez grand rayon. La partie circulaire ACB est appuyée, par une force d'intensité réglable, sur une résistance électrique rectiligne fixe aCb et le levier ACBD ne peut que rouler sans glisser sur cette résistance. Les liaisons qui permettent de réaliser cette condition mettent le système en état d'équilibre stable. Il oscille avec une période bien déterminée si on l'abandonne brusquement après l'en avoir écarté. Mais un système amortisseur à air lui impose l'amortissement critique. A cet effet l'extrémité libre du levier, opposée à l'arc, est munie d'un disque D qui joue à l'intérieur d'une boîte cylindrique de diamètre peu supérieur.

L'appareil est orienté de manière à mesurer les accélérations dans une direction perpendiculaire au levier. Sous l'influence des forces d'inertie connexes de ces accélérations, le levier se déplace légèrement, l'arc ACB roule et le point C parcourt la droite ab.

Une seconde résistance électrique a'Ob' égale à ab est associée à cette dernière de manière à former uu pont de Wheatstone dans lequel une pile de force électromotrice égale à 2 ou 4 volts débite un faible courant. Un oscillographe enregistreur est monté entre le point de contact C et le milieu O de la résistance a'Ob'.

L'appareil est réglé de telle sorte qu'à l'état de repos, le point C se trouve au milieu de ab. Le pont est donc équilibré et l'oscillographe reste au zéro. Mais dès que le levier se déplace légèrement, et que l'are ACD roule sur la résitance ab, le pont est déséquilibré et l'oscillographe accuse l'accélération subie.

Il est évident que la sensibilité de la méthode augmente en mêmc temps que le rayon de courbure, de telle sorte qu'il est possible d'obtenir un appareil sensible et possédant une faible période propre. On est toutefois limité dans l'utilisation des grands rayons de courbure, par l'imprécision du point de contact. Des rayons de 75^{cm} à 1^m donnent de bons résultats et permettent de saisir des aceélérations très fugitives.

L'ensemble est formé de deux parties distinctes : l'oscillographe enregistreur enfermé dans un coffret pesant quelques kilogrammes, et l'accéléromètre proprement dit, auquel il est relié par des fils souples, de faible poids et de petit volume. On peut le loger dans un endroit restreint et difficilement accessible, l'extrémité d'une aile d'avion par exemple. Il transmet ses indications à l'enregistreur logé dans la cabine.

Tout accéléromètre utilisant les forces d'inertie est en même temps sensible aux effets de la pesanteur, de sorte que les indications de ces appareils sont faussées par les variations d'orientation dans l'espace d'un

véhicule quelconque. Il serait intéressant de construire un accéléromètre de ce type, de volume et de poids suffisamment réduits pour qu'il pût être placé sur plate-forme gyrostatique et soustrait ainsi à cette cause d'erreur.

De nombreux films furent pris dans des circonstances variées. Au cours de petites chutes libres de l'ordre du centimètre ou même du millimètre, l'accélération de la pesanteur g est correctement indiquée. L'appareil, disposé dans une automobile suivant des orientations diverses, donne, soit les accélérations longitudinales positives dues au moteur ou négatives dues aux coups de frein, soit les accélérations transversales dues à la force centrifuge dans les virages; soit les accélérations verticales correspondant aux secousses imprimées par les inégalités du sol.

Actuellement cet instrument est en essai sur des avions.

D'ailleurs, en dehors de son utilisation comme accéléromètre, le levier roulant ACBD peut servir, d'une manière très générale, à la mesure de petites forces ou de petits déplacements.

Ce travail fut exécuté en liaison avec le Service des Recherches de l'Aéronautique et avec son appui.

ÉLASTICITÉ. — *Sur l'état élastique d'un assemblage soudé.* Note de M. **Édouard Callandreau**, présentée par M. Villat.

1. M. Hœhn a donné assez récemment (*Chaleur et Industrie*, août 1932) le résumé et la conclusion des essais expérimentaux qu'il a effectués sur les assemblages soudés. Ainsi, dans le cas de deux plats P_1(ABC) et P_2 (BCD), de sections transversales $S_1 S_2$, se recouvrant longitudinalement sur la partie BC où ils sont reliés par deux cordons de soudure latéraux, et soumis à leur autre extrémité A et D à une traction égale F, M. Hœhn met en évidence expérimentalement l'existence de *déplacements relatifs* : les uns qu'il dénomme *externes* qui sont constants pour toute section normale à l'assemblage (ils correspondent en fait au glissement des assemblages rivés); les autres dits *internes* variables avec la section et dus plus spécialement aux inégalités des allongements causés dans les plats par l'existence même de la soudure. Il est clair qu'il existe un plan transversal normal et un seul (qui dans le cas de sections égales $S_1 S_2$ des plats, donc d'égales fatigues normales $n_1 n_2$, serait de symétrie pour les cordons de soudure), où le déplacement *interne* soit nul, pour croître vers les extrémités des cordons. Ces déplacements relatifs engendrent, d'ailleurs, dans la soudure

principalement des fatigues de *cisaillement* qui augmentent donc vers les extrémités des cordons. M. Hœhn admet, vraisemblablement à titre de plus simple hypothèse, que cette loi de croissance est linéaire.

Je voudrais ici, en traduisant analytiquement les résultats d'expérience précités, chercher à préciser, d'un point de vue, du reste, strictement théorique la loi de variation des fatigues en question.

2. Je considère les efforts *moyens* agissant suivant la ligne moyenne de l'assemblage. Si l'on tient compte des considérations ci-dessus, on reconnaît que le travail de déformation dans une section transversale normale d'abscisse x, comptée positivement de l'origine B du cordon BC de longueur l, se compose : d'un travail du *glissement* t en x dans les cordons de soudure de section totale s, et correspondant au déplacement relatif externe, — et du travail d'extension dans les plats correspondant aux déplacements relatifs internes : soit dans $P_1(ABC)$, du travail de la traction $F = n_1 S_1$ diminuée de la tension $s\int_0^x t\,dx$ qui provient de la traction dans la soudure en deçà de x; et dans $P_2(BCD)$ en la même section x, du travail de cette même tension $s\int_0^x t\,dx$ provoquée dans P_2 par la liaison de soudure.

De sorte que l'énergie potentielle ou plutôt le travail de déformation total aura pour expression, d'après l'équation de Clapeyron, le travail dû à la flexion étant négligeable,

$$\mathfrak{T} = \frac{1}{2}\int_0^l \left\{ \frac{(st)^2}{Gs} + \frac{1}{ES_1}\left[n_1 S_1 - s\int_0^x t\,dx\right]^2 + \frac{1}{ES_2}\left[s\int_0^x t\,dx\right]^2 \right\} dx$$

ou encore

$$\begin{aligned}\mathfrak{T} &= \frac{1}{2}\int_0^l \left\{ \frac{1}{Gs}\left(s\frac{dT}{dx}\right)^2 + \frac{1}{ES_1}(n_1 S_1 - sT)^2 + \frac{1}{ES_2}(sT)^2 \right\} dx \\ &= \frac{1}{2}\int_0^l f\left(T, \frac{dT}{dx} = T'\right) dx,\end{aligned}$$

en posant $\int_8^v t\,dx = T$; et la quantité jusqu'alors indéterminée t résultera de la condition, à l'équilibre déformé, de minimum de $\mathfrak{T}$, qui, par suite de la présence simultanée sous le signe $\int$ de T et de sa dérivée, relève du calcul des variations; l'équation de condition $d\mathfrak{T} = 0$ s'écrit alors

$$-\frac{d}{dx}\left(\frac{\partial f}{\partial T'}\right) + \frac{\partial f}{\partial T} = \frac{1}{G}\frac{d^2T}{dx^2} - \frac{Ts}{E}\left(\frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2}\right) + \frac{F}{ES_1} = 0,$$

d'où l'on tire

$$T = k_1 e^{rx} + k_2 e^{-rx} + \frac{FS_2}{s(S_1+S_2)} \qquad \left(r = +\sqrt{\frac{G}{E} s \frac{S_1+S_2}{S_1 S_2}}\right)$$

et

$$t = r(k_1 e^{rx} - k_2 e^{-rx}).$$

On peut déterminer les constantes en remarquant tout d'abord que $s\int_0^l t\,dx$ vaut F; puis en introduisant par exemple le rapport λ (qui vaudrait l'unité pour des sections $S_1 S_2$ égales) des valeurs de t aux extrémités des cordons de soudure; d'où

$$t = \frac{Fr}{s(\lambda+2)} \frac{\lambda \operatorname{sh} r(l-x) + \operatorname{sh} rx}{\operatorname{ch} rl - 1}.$$

3. Le déplacement relatif interne, proportionnel à la différence en valeur absolue des fatigues normales dans les plats soit $n_1 - s(1/S_1 + 1/S_2)\int_0^x t\,dx$, décroît donc pour x croissant, jusqu'à une valeur nulle qui constitue pour lui un minimum qu'il atteint, lors de l'égalité de ces fatigues, pour *la* valeur de x solution de

$$n_1 - \frac{s}{S_1}\int_0^x t\,dx = \frac{s}{S_2}\int_0^x t\,dx; \qquad \text{soit} \qquad \lambda \operatorname{ch} r(l-x) - \operatorname{ch} rx = 0,$$

pour croître ensuite jusqu'à la valeur l de x.

4. On reconnaît bien que l'hypothèse généralement admise de fatigues égales en chaque point du cordon, et exprimées par le quotient de la charge par la surface d'adhérence, n'est point exacte; et l'on retrouve aussi pour ces fatigues le *sens* de variation indiqué par M. Hoehn. Mais leur loi de croissance ne serait pas linéaire et varierait comme les lignes hyperboliques. Cette conclusion semble d'ailleurs en harmonie avec l'allure même des diagrammes expérimentaux de M. Hœhn, comme aussi avec le résultat de calcul que M. Troeschl (*Proc. of the Amer. Soc. of C. I.*, n° 9, 1932) obtient par simple considération d'équilibre des tensions mises en jeu.

AÉRODYNAMIQUE. — *Dispositif à fil chaud pour l'étude des mouvements d'air créés par une aile battante d'oiseau ou d'insecte.* Note de MM. **Antoine Magnan** et **Claude Magnan**, présentée par M. d'Arsonval.

Dans le but d'étudier les mouvements d'air rapides qui sont créés par une aile battante d'oiseau ou d'insecte, nous avons cherché à établir un

anémomètre à fil chaud susceptible de donner, dans de bonnes conditions de précision, les vitesses de l'air déplacé.

A cet effet nous avons choisi un montage à compensation par lampe de T.S.F. du type de celui préconisé en 1924 par Huguenard, Magnan et Planiol ([1]).

Un fil de platine de 2/100e de millimètre de diamètre et de 2cm,5 de lon-

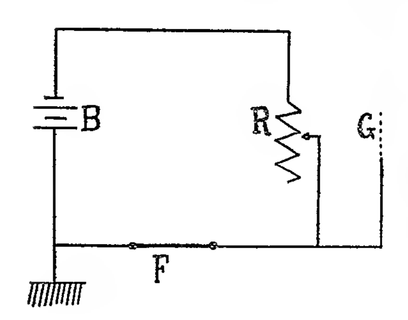


Fig. 1.

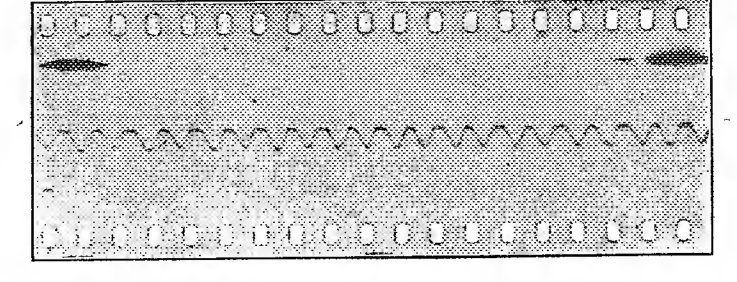


Fig. 2.

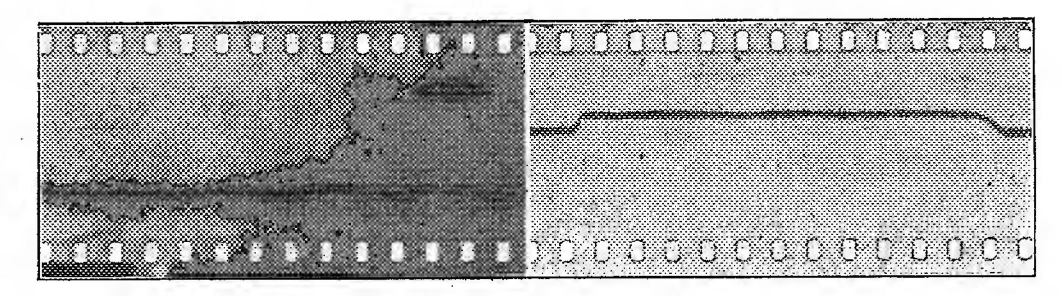


Fig. 3. Fig. 4.

Fig. 1. Schéma de montage du dispositif à fil chaud. — Fig. 2. Enregistrement au moyen d'un fil chaud et d'un oscillographe cathodique des oscillations d'un diapason donnant 50 vibrations doubles par seconde — 1/5e de seconde = 8cm,05. — Fig. 3. Enregistrement au moyen d'un fil chaud et d'un oscillographe cathodique des oscillations d'un diapason donnant 500 vibrations doubles par seconde — 1/5e de seconde = 15cm,5. — Fig. 4. Enregistrement au moyen d'un fil chaud et d'un oscillographe cathodique du courant d'air créé à l'arrière de l'aile d'un Bourdon jaune donnant 128 coups d'ailes par seconde — 1/5e de seconde = 17cm,7.

gueur est soudé aux extrémités de deux colonnes légères métalliques supportées par une petite canne qui permet de le déplacer à volonté.

Le chauffage du fil est assuré par une batterie de 16 volts. Entre les pôles de cette batterie B (*fig.* 1) sont montés en série une résistance R et le

---

([1]) Huguenard, Magnan, Planiol, *Sur une méthode de mesure de la vitesse et de la direction instantanées du vent*, p. 14. Paris, Roche d'Estrez, 1924.

fil anémométrique F. Le point commun à R et à F est mis en communication avec la grille G de la lampe d'un amplificateur spécial pour fréquences acoustiques, à 4 étages. Cet amplificateur est lui-même relié à un oscillographe van Ardenne donnant un faisceau cathodique qui provoque sur un écran un spot très lumineux. Les variations ohmiques provoquées par l'action des variations de vitesse d'un courant d'air sur le fil chaud donnent des déplacements du spot qui peuvent être enregistrés sur film cinématographique grâce à un dérouleur rapide.

Étant donnée la fréquence souvent élevée des battements des ailes des oiseaux et surtout des insectes, il était nécessaire de définir les erreurs dues à l'inertie thermique du fil, et par suite son temps de mise en équilibre et de connaître si un tel appareil était capable de reproduire exactement les fluctuations de la vitesse de l'air.

Pour l'étude de la sensibilité, nous avons monté le même fil chaud avec son support, d'abord sur une branche d'un diapason donnant 50 vibrations doubles par seconde, puis sur une branche d'un diapason donnant 500 vibrations doubles par seconde. En même temps que nous mesurions avec une loupe micrométrique l'élongation maximum du fil pendant l'oscillation des deux diapasons, et que nous déterminions la vitesse maximum de déplacement dudit fil, nous avons enregistré la courbe fournie par le spot de l'oscillographe relié au même fil chaud (*fig.* 2 et 3). Ces courbes montrent que le mouvement du fil est correctement reproduit, les petits plats qui se voient une fois sur deux oscillations de la figure 2 correspondant aux vitesses du milieu de l'élongation et les pointes aux extrémités de celle-ci. Ces essais ont montré aussi que la perte de sensibilité en fonction de la fréquence pour des variations sinusoïdales de la vitesse était de 0,05 pour $f = 100$ et seulement de 0,25 pour $f = 1000$.

Avec cet anémomètre, nous avons commencé à effectuer des recherches sur les vitesses de courant d'air crées par des ailes battantes d'oiseaux et d'insectes (1).

Nos expériences ont déjà mis nettement en évidence qu'il se produisait au bord de fuite des ailes un courant d'air dirigé vers l'arrière. La courbe de tarage de notre appareil nous a permis de préciser que la vitesse de ce courant d'air était variable suivant les espèces examinées, comme l'indique le tableau suivant :

---

(1) Le Service des Recherches du Ministère de l'Air a accordé un concours matériel à ces études.

	Nombre de battements par seconde.	Vitesse maximum trouvée du courant d'air.
Rossignol du Japon	17	8,00 m/sec
Bourdon des jardins (*Bombus hortorum* L.)	92	2,30 »
Bourdon jaune (*Bombus muscorum* L.)	128	2,00 »
Mouche bleue (*Calliphora vomitoria* L.)	110	2,20 »

D'autre part, les enregistrements effectués avec l'oscillographe semblent prouver que le courant d'air est continu (*fig.* 4) et non interrompu à la fin de chacun des coups d'ailes, tout au moins chez les Insectes.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur l'absorption de la lumière dans l'espace interstellaire.* Note de MM. **J. Dufay** et **Ssu-Pin Liau**, présentée par M. Ch. Fabry.

I. Deux hypothèses différentes ont été envisagées pour expliquer la dispersion des indices de couleur des étoiles appartenant aux classes O et B. Dans l'une on suppose que la température diminue quand l'intensité lumineuse augmente; dans l'autre, qu'un milieu absorbant, répandu dans l'espace interstellaire, exerce une absorption plus prononcée sur les radiations bleues que sur les radiations jaunes.

Nous nous sommes proposé de rechercher l'influence possible de la magnitude absolue et de la distance, en utilisant les mesures très précises des indices de couleur faites par W. Becker à l'aide d'une cellule photoélectrique et de deux filtres colorés (1).

II. On trouve dans le catalogue de Becker les indices de couleur de 55 étoiles brillantes des types spectraux O6 à B2. D'un type à l'autre, ils varient assez peu pour qu'on puisse rassembler ces étoiles en un groupe unique. On peut même à la rigueur y ajouter les 55 étoiles du type B3 contenues dans le même catalogue.

En nous limitant d'abord au premier groupe (O6 — B2), nous constatons qu'il n'existe *aucune relation statistique entre les indices de couleur et les magnitudes absolues spectroscopiques*. Le coefficient de corrélation trouvé est en effet :

$$R = +0,156 \pm 0,131$$

et la corrélation tend à diminuer quand on considère aussi les étoiles du type B3.

(1) *Veröffentl. d. Universitätssternwarte zu Berlin-Babelsberg*, 10, Part 3, 1933, p. 1.

Par contre, *entre l'indice de couleur et la distance, il existe une corrélation appréciable*. Les coefficients de corrélation sont :

$$R = +0,456 \pm 0,107 \quad \text{pour le groupe O6-B2,}$$
$$R = +0,431 \pm 0,078 \quad \text{pour toutes les étoiles de O6 à B3.}$$

Ces résultats, comme ceux qu'a obtenu récemment à partir de données différentes Miss Emma T. R. Williams ([1]), sont nettement favorables à la théorie de l'absorption.

III. L'indice de couleur C augmente en moyenne avec la distance *r* des étoiles. Lorsqu'on porte *r* en abcisses, C en ordonnées, les points figuratifs se placent au voisinage d'une droite que nous avons déterminée par la méthode Hertzsprung ([2]). L'équation obtenue pour le groupe O6 — B2 est :

$$C = -0,255 + (0,160 \pm 0,020)r,$$

dans laquelle les distances *r* sont évaluées en kiloparsecs. La dispersion des points résulte en partie des anomalies réelles présentées par certaines étoiles ([3]), en partie de l'incertitude des parallaxes spectroscopiques.

La droite n'est pas sensiblement modifiée si l'on utilise en outre les étoiles B3, mais elle n'est pas mieux déterminée, car les distances des étoiles B3 sont trop petites (généralement inférieures à 300 parsecs), et les points correspondants se groupent au voisinage de l'origine des abscisses.

L'absorption augmenterait donc de 0,16 magnitude par kiloparsec entre les deux groupes de radiations isolées par les filtres de Becker. La relation établie par ce dernier entre les indices de couleur ainsi déterminés et ceux de King permet d'évaluer la différence des coefficients d'absorption correspondant aux mesures photographiques et visuelles. On trouve

$$0,36 \pm 0,04 \text{ magnitude par kiloparsec.}$$

Ce nombre s'accorde parfaitement avec les évaluations indépendantes de P. Van de Kamp ([4]) et de Miss Williams ([5]), qui ont trouvé respectivement

$$0,33 \pm 0,02 \quad \text{et} \quad 0,38 \pm 0,04 \text{ magnitude par kiloparsec.}$$

IV. Le milieu interstellaire se manifeste d'autre part par l'apparition

---

([1]) EMMA T. R. WILLIAMS, *Astrophysical Journal*, 75, 1932, p. 386.

([2]) *Annalen van de Sterrenwacht te Leiden*, 14, Part 1, 1922, p. 37.

([3]) Du type *P. Cygni* par exemple (J. DUFAY, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1464).

([4]) P. VAN DE KAMP, *Astronomical Journal*, 40, 1930, p. 145.

([5]) EMMA T. R. WILLIAMS, *loc. cit.*

des raies H et K du calcium dans les spectres des étoiles de la classe O et des premiers types B.

Pour 34 étoiles des types O6 à B2, nous connaissons à la fois l'indice de couleur C de Becker et l'intensité i de la raie K évaluée par Otto Štruve [1]. Entre ces deux quantités, le coefficient de corrélation atteint

$$R = +0,567 \pm 0,116 \quad \text{et} \quad R = +0,658 \pm 0,100,$$

si l'on élimine l'étoile *S Monocerotis*.

La corrélation est encore notable si l'on adjoint aux précédentes les étoiles B3 ($R = 0,432 \pm 0,089$ avec 84 étoiles et $R = 0,478 \pm 0,085$ en éliminant *S Monocerotis*). Ainsi, l'accroissement de l'indice de couleur et l'intensité des raies « détachées » du calcium sont assez étroitement liées pour qu'on puisse attribuer les deux phénomènes à un même milieu absorbant, où la teneur en calcium serait assez peu variable. Entre C et i, on peut écrire la relation

$$C = -0,264 + (0,0166 \pm 0,0031)\,i,$$

dont nous chercherons à dégager ailleurs la signification physique.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Les défauts d'élasticité des métaux. Amortissement des oscillations de torsion.* Note de MM. **Louis Filliâtre** et **Pierre Vernotte**, présentée par M. Perrin.

A température élevée, les métaux sont très loin de l'élasticité parfaite, et nos connaissances réellement scientifiques sur eux, se réduisant à très peu de chose, pour ne pas dire à rien, il est très difficile d'instituer, dans ce domaine, des expériences raisonnables.

Mais le caoutchouc à la température ordinaire présente des déformations semi-permanentes tout aussi considérables, et, malgré cela, l'étude de l'amortissement des oscillations de torsion a permis [2] de définir un coefficient d'amortissement, et d'observer le déplacement, à chaque demi-oscillation, de l'azimut de couple nul. Cela confirme que les cycles répétés donnent des résultats généraux d'essai, beaucoup plus clairs que les autres modes d'expérience, et engage à essayer, avec les métaux, à chaud, les

(1) Otto Struve, *Monthly Notices*, 89, 1929, p. 567.

(2) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1418.

procédés qui ont bien réussi dans le cas, paraissant peut-être plus difficile, du caoutchouc.

Nous avons commencé par l'étude, tout à fait analogue, mais plus facile, de métaux visqueux à la température ordinaire. Les expériences que nous allons rapporter visent un fil d'alliage pour fusibles, de 3^m de longueur, tendu depuis 8 heures par le poids de la masse oscillante, qui l'avait allongé de 20^{cm}.

L'amplitude initiale étant 42°, les élongations maxima successives ont été $-20°$, $+26°,5$, $-16°$, $+20°$, $-10°$, $+14°$, $-7°$, $+9°,5$, $-4°$, $+7°$, ..., l'azimut d'équilibre final étant $+2°$.

Nous rappelons que la méthode de dépouillement consiste, $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_n$ étant les positions, inconnues, de l'azimut de couple nul, à la fin des demi-oscillations successives, dans le diagramme élongation-temps, A_0, A_1, $A_2, \ldots, A_n$ les extrémités des élongations successives, *à introduire un coefficient k, caractéristique de l'amortissement*, égal au rapport $\alpha_{n-1}A_{n+1} : \alpha_n A_n$, de deux élongations maxima successives, comptées à partir des azimuts α de couple nul, les α étant définis par la condition que, $\alpha_1\alpha_3\alpha_5, \ldots$, d'une part, $\alpha_2\alpha_4, \ldots$, d'autre part, se rangent *sur deux courbes régulières tendant vers l'asymptote* (Δ) *de la courbe des élongations*.

En essayant pour k différentes valeurs, on forme un tableau donnant dans chaque cas, en degrés, les azimuts α (les α_{2n+1} à gauche, les α_{2n} à droite) :

$k = 0,800$.		$k = 0,805$.		$k = 0,810$.		$k = 0,815$.		$k = 0,820$.	
13,6	−0,2	13,8	−0,7	14,0	−1,0	14,2	−1,4	14,4	−1,7
5,4	+2,9	5,9	+2,4	6,3	+1,9	6,7	+1,5	7,1	+1,1
3,7	3,0	4,2	2,6	4,7	2,1	5,1	1,7	5,5	1,3
1,8	2,5	2,2	2,1	2,6	1,8	3,0	1,4	3,4	1,0
1,7	2,5	2,0	2,2	2,2	2,0	2,6	1,6	3,0	1,3

Pour les deux plus faibles valeurs de k, les lieux des α_{2n+1} et des α_{2n} se rapprochent trop tôt et se traversent, tandis que pour les deux plus grandes, ils restent trop éloignés, et ne peuvent approcher l'asymptote (Δ) qu'en inversant leur courbure normale. On voit, par contre, que la valeur $k = 0,810$, déterminée à moins de 0,005 près, convient.

Les résultats perdent leur netteté pour les amplitudes initiales très faibles.

Il est évident que l'hypothèse classique qui sert à introduire l'amortissement dans les oscillations serait insoutenable dans le cas du caoutchouc ou

des métaux mous. Mais cette hypothèse, qui d'ailleurs n'explique pas les déplacements α, ne serait certainement pas la seule à conduire à des amplitudes décroissant en progression géométrique.

Les déplacements d'azimut de couple nul, tels qu'ils résultent de notre interprétation, sont considérables. Cette conséquence est sans doute très exacte. En admettant qu'au cours d'un essai de déformation il se produise une altération, inconnue mais notable, de la configuration d'équilibre, qu'il ne faudrait pas d'ailleurs interpréter nécessairement comme l'effet d'une plasticité, on rend compte d'une façon naturelle des écarts observés dans la mesure du module d'Young, selon que les efforts mécaniques agissent dans un sens unique ou suivant des cycles répétés.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Recherche d'une équation d'état des films monomoléculaires.* Note de M. **Jean Guastalla**, présentée par M. Jean Perrin.

On sait qu'un grand nombre de corps insolubles (acides gras, éthers-sels, etc.) sont susceptibles de s'étaler sur l'eau, sous forme de films monomoléculaires, et d'exercer dans le plan de la surface une poussée horizontale (force par unité de longueur) appelée *pression superficielle*.

Ces films peuvent s'étendre indéfiniment, et aux variations de leurs surfaces correspondent des variations de leurs pressions superficielles.

Les mesures d'Adam et Jessop (¹) et les nôtres (²) sur les pressions superficielles d'un certain nombre de films se traduisent par des courbes en PS, dont la forme générale rappelle celles des isothermes en PV relatives à des détentes à trois dimensions.

Lorsqu'on fait croître la surface du film à partir du point de saturation (³), la pression tombe d'abord très vite (courbe à grande pente), puis reste à peu près constante (long palier), et enfin se remet à décroître; la courbe devient asymptote à l'hyperbole de Mariotte $p = RT/S$, R étant le même coefficient que pour les gaz.

Il faut toutefois observer que le palier n'est jamais rigoureusement

(¹) Adam et Jessop, *Proc. Roy. Soc.*, A, 110, 1926, p. 423.
(²) J. Guastalla, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 241.
(³) Voir A. Marcelin, *Ann. Phys.*, 10e série, 4, 1925, p. 498.

horizontal, surtout au voisinage de la courbe à grande pente, où il s'incurve en un arrondi plus ou moins marqué.

Ces courbes coupent l'hyberbole de Mariotte au plus en un point, situé dans la région à grande pente, au delà duquel elles se trouvent *en dessous* de cette hyperbole.

La présence du palier met indiscutablement en évidence un *changement d'état* du film.

Nous considérons la pression superficielle comme la résultante de trois effets principaux :

1° Pression cinétique des molécules du film;

2° Interactions des molécules du film, dues principalement à la nature dipolaire de ces molécules;

3° Modification de la tension capillaire de l'eau en dessous du film, due principalement au champ électrique créé par ce film.

1° *Pression cinétique* due à l'agitation thermique des molécules du film, et égale à RT/S. — Si l'on appelle l^2 la surface moyenne habitée par une molécule dans le film, $\mathfrak{N}$ le nombre d'Avogadro,

$$p = \frac{RT}{\mathfrak{N} l^2}.$$

2° *Interactions des molécules du film.* — On sait que ces molécules peuvent être considérées comme des dipôles dressés plus ou moins verticalement à la surface de l'eau. Le calcul macroscopique de l'interaction de deux dipôles parallèles et de même sens conduit à une force de répulsion

$$f = \frac{3\varepsilon^2 h^2}{L^4},$$

ε étant la charge électrique de chaque pôle, h la longueur des dipôles, L leur distance (à condition que h soit petit par rapport à L), ou encore

$$f = \frac{3m^2}{L^4},$$

si m est le moment de chaque dipôle.

Un calcul approché permet de passer de la force exercée par un dipôle sur un dipôle voisin à la pression superficielle d'un film composé d'un grand nombre de tels dipôles (abstraction faite de leur énergie thermique). Supposons, pour faciliter les calculs, que les molécules soient disposées dans le plan du film suivant les sommets de triangles équilatéraux, sans que leurs mouvements thermiques ne les écartent sensiblement de leur position d'équi-

libre [1]; on trouve (en grossière approximation en ce qui concerne le coefficient) :

$$p = \frac{9m^2}{L^5},$$

L étant la distance moyenne de deux molécules voisines; ou

$$p = \frac{6,3\,m^2}{l^5},$$

l^2 étant la surface moyenne habitée par une molécule.

3° Les pressions superficielles dues aux molécules d'un film pris isolément et les modifications de la tension capillaire de l'eau sous le film ajoutent leurs effets, sans qu'il soit possible de séparer les manifestations de l'une ou de l'autre cause.

Nous pensons que la présence du film peut augmenter la tension capillaire de l'eau sous-jacente, principalement à cause des champs électriques qu'il crée (cf. *Électromètre capillaire* de Lippmann) [2]. Pour un film donné à une température déterminée, cette modification de tension capillaire n'est fonction que de la densité superficielle du film. Appelons-la $\varphi_{(l)}$ et remarquons qu'une augmentation de tension superficielle se manifeste comme une diminution de pression superficielle.

La résultante des trois effets que nous avons examinés s'écrira provisoirement :

$$P = \frac{RT}{\mathfrak{N}\,l^2} + \frac{6,3\,m^2}{l^5} + \varphi_{(l)}.$$

La comparaison de cette relation avec nos courbes expérimentales nous conduira à donner empiriquement à $\varphi_{(l)}$ une forme en $1/l^3$, et à écrire

$$P = \frac{A}{l^5} - \frac{B}{l^3} + \frac{C}{l^2}.$$

---

(1) Cette hypothèse, assez vraisemblable pour de faibles valeurs de L (molécules très serrées), l'est beaucoup moins pour de grandes distances moléculaires.

(2) Dans le cas d'une surface présentant une certaine polarisation électrique, l'effet du champ sur la tension superficielle devrait s'inverser avec le signe du champ et peut par conséquent correspondre à une augmentation de tension superficielle.

PHYSIQUE GÉNÉRALE. — *Synthèse des travaux de Newton, de Fresnel et de Maxwell.* Note de M. **Émile Sevin**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Considérons un courant constitué par un flot monocinétique d'électrons de vitesse $\vec{v}$. Nous savons que, pour définir l'ensemble des propriétés mécaniques de chacune de ces particules, il est nécessaire de recourir à deux vecteurs associés orientés comme $\vec{v}$: l'un est la quantité de mouvement $m_0 v/\sqrt{1-\beta^2}$; quant à l'autre, que nous appellerons quantité d'électricité, il vaut $e v/c$ et résulte de ce que la charge $\vec{e}$ jouit de propriétés vectorielles (¹). Dans ces conditions, si N désigne le nombre d'électrons qui, à un moment donné, se trouvent localisés dans un élément de volume unité, le courant est représenté, d'une façon complète, par la densité de quantité de mouvement, $\overrightarrow{\Delta q} = \mathrm{N} m_0 v/\sqrt{1-\beta^2}$, et par la densité de quantité d'électricité, $\overrightarrow{\Delta l} = \mathrm{N} e v/c$; quant à la notion vectorielle de densité d'intensité $\overrightarrow{\Delta i}$, elle est englobée dans celle de densité de quantité d'électricité puisque $\overrightarrow{\Delta i} = \mathrm{N}\, ev = c\,\overrightarrow{\Delta l}$.

L'intervention du vecteur quantité d'électricité permet d'établir un parallélisme complet entre le concept de moment cinétique et celui de moment magnétique. Envisageons, en effet, un électron décrivant, dans le temps $\mathfrak{T}$, une orbite quasi circulaire, de rayon r, limitant une surface S; le moment de la quantité de mouvement est quantifié et a une expression bien connue :

$$\hat{\mathrm{C}} = \frac{m_0 v r}{\sqrt{1-\beta^2}} = n\,\frac{h}{2\pi}, \tag{1}$$

et, si nous désignons par $2\hat{\mathrm{M}}$ le moment de la quantité d'électricité, il vient

$$2\hat{\mathrm{M}} = e\,\frac{v}{c}\,r = e\,\frac{2\pi r^2}{c\mathfrak{T}} = 2e\,\frac{\mathrm{S}}{c\mathfrak{T}}, \tag{2}$$

ce qui montre que $\hat{\mathrm{M}}$ n'est autre que la grandeur appelée couramment

(¹) *Gravitation, lumière et électromagnétisme*, p. 33.

moment magnétique (¹). Dès lors, en combinant (1) et (2), on peut écrire

$$2\vec{M} = \vec{C}\,\frac{e\sqrt{1-\beta^2}}{m_0 c} = n\,\frac{eh}{2\pi m_0 c}\sqrt{1-\beta^2},$$

de telle sorte que nous remarquons, en passant, que le moment magnétique n'est pas quantifié en toute rigueur; il n'est permis de parler du magnéton $eh/2\pi m_0 c$ qu'à la condition de négliger β^2 devant l'unité.

L'émission des ondes comporte une libération de quantités de mouvement et de quantités d'électricité en même temps qu'une libération d'énergie; c'est ainsi que, lors de l'émission de la lumière, les deux libérations vectorielles résultent respectivement de la variation du moment cinétique et de celle du moment magnétique de l'atome émetteur. Pour déterminer les caractères de l'empreinte dont les ondes se trouvent ainsi marquées et qu'elles conservent dans leur propagation, rappelons qu'il découle de nos publications précédentes que, dans la matière aussi bien que dans le vide, la loi de la gravitation fait intervenir la courbure moyenne de l'univers. Dans le vide, cette courbure est nulle et si, dans une certaine région, l'éther se trouve déplacé d'une quantité $\vec{u}$, normalement à sa position d'équilibre, on obtient immédiatement l'équation $\partial^2 u/\partial t^2 = c^2 \Delta u$; or, Δu n'étant autre que la courbure moyenne, on voit que, si cette courbure est nulle, il règne un simple champ de gravitation et que, dans le cas contraire, au champ de gravitation se superpose un phénomène qui se propage; c'est l'onde électromagnétique non polarisée ne jouissant pas de propriétés vectorielles. De telles propriétés ne se manifestent que du fait que la vibration s'établit obliquement, par rapport à la position d'équilibre de l'éther (²).

Désignons par $\vec{V}$ la composante de la vitesse du mouvement vibratoire mesurée perpendiculairement à $\vec{u}$; il lui correspond une densité de quantité de mouvement et une densité de quantité d'électricité. Il est d'ailleurs à

(¹) La définition du moment magnétique, comme moment de la quantité d'électricité, est valable quel que soit l'aspect du courant qui lui donne naissance (conduction, convexion ou déplacement); la véritable grandeur de ce moment est, bien entendu, $2\vec{M}$ et non $\vec{M}$.

(²) C'est la composante orientée suivant $\vec{u}$ qui assure la cohérence des ondes émises par un grand nombre d'atomes, quel que soit l'état de polarisation de chaque onde élémentaire.

considérer que, $\vec{V}$ variant d'un point à un autre, il se produit, dans l'éther, des dilatations et des condensations qui modifient localement sa densité μ; toutefois, celle-ci ne dépendant pas directement du temps, la dérivée partielle $\partial\mu/\partial t$ est nulle et l'équation de continuité du milieu se réduit à $\mathrm{div}(\mu V) = 0$. La densité de quantité de mouvement étant proportionnelle à la densité de quantité d'électricité, il en résulte immédiatement que la divergence de celle-ci est également nulle. Ainsi, les vibrations électromagnétiques polarisées sont constituées par de véritables courants électriques, et, pour interpréter ceux-ci d'une façon complète, il est indispensable de recourir à une double représentation vectorielle qui englobe la doctrine de Fresnel et celle de Maxwell; loin d'être en opposition, les conceptions de ces deux savants se complètent.

Mais, le flux des deux vecteurs en cause étant conservatif, le courant est tourbillonnaire, et c'est pourquoi il se trouve accompagné d'un champ magnétique qui, lui aussi, comporte un double aspect. Ce champ est caractérisé par deux autres vecteurs associés, et l'expression du tourbillon montre immédiatement que l'un est de la nature d'une densité de moment cinétique et l'autre de celle d'une densité de moment magnétique; ce dernier est la force magnétique.

On reconnaîtra sans peine que la propagation, le courant et la force magnétique sont orientés suivant trois directions orthogonales entre elles.

SPECTROSCOPIE. — *Recherche des métaux alcalins dans les minéraux*. Note de M. **R. Bossuet**.

Dans une Note précédente (¹), nous avons indiqué un procédé de recherches de traces de métaux alcalins par la spectrographie; nous avons également mesuré le degré de sensibilité des raies les plus caractéristiques de chaque métal.

Le but du présent travail a été d'appliquer cette technique à la recherche des métaux alcalins dans les minéraux où ils sont le plus souvent engagés dans des combinaisons silicatées.

On commence par mettre en solution les métaux alcalins par la méthode de Lawrence Smith en attaquant au rouge le minéral au moyen d'un mélange de carbonate de calcium et de chlorure d'ammonium. La solution

(¹) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 469.

provenant de cette attaque est traitée par le procédé décrit précédemment (*loc. cit.*).

Nous avons analysé une série de minéraux alcalins (collections du Muséum et de l'École des Mines) en limitant les prises à $0^g,5$. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

Nature du minéral (Prise max. $0^g,5$).	Métaux alcalins décelés. Les métaux de constitution sont entre [ ].				
Lépidolite (Madagascar) — Ambazac (Haute-Vienne)..	[Li]	Na	[K]	Rb	Cs
Biotite. Chanteloube (Haute-Vienne) — dans gigantolite. Tammela (Finlande).............	Li	»	»	»	»
Muscovite. Sainte-Féréole (Corrèze) — Puy Mathieu (Haute-Vienne).....................	»	»	»	»	»
» Tarascon (Ariège).....................	»	»	»	»	
Microcline (Oural) — Mont Bity (Madagascar) — Antaboaka (Madagascar)..................	»	»	»	»	»
» Tsilaizina (Madagascar) — Roche Mouron (Saône-et-Loire)....................	»	»	»	»	»
» dans pegmatite écrasée. Massif du Vohitsiombe (Madagascar)................	»	»	»	»	»
» en association graphique avec quartz. Sam Son (N. Annam)....................	»	»	»	»	»
» variété amazonite. Pike's Peak (Colorado).		»	»	»	
Orthose (Ile d'Elbe)...........................	»	»	»	»	
» ferrifère. Itrongay (Madagascar) — variété adulaire (Saint-Gothard)...............		»	»	»	
Ponce rhyolitique (Mont-Dore)...................	»	»	»	»	»
Pegmatite à danburite. W. Andina (Madagascar)....	»	»	»	»	»
» à tourmalines. Val d'Andlau (Vosges)....	»	»	»	»	»
Phlogopite. Ampandrandava (Madagascar).........		»	»	»	»
Leucite. Tavolato (Latium, Italie)................		»	»	»	»
Néphéline. Ile de Los (Guinée)...................	»	[Na]	»	»	
Béryl. Pont-de-Barost (Haute-Vienne)............	»	Na	K	»	»
Pollux. Buckfield (Maine, États-Unis)............	»	»	»	»	[Cs]
Pétalite. Utö (Suède)...........................	[Li]	»	»	»	
Triphane. Minas Geraes (Brésil) — Maharitra (Madagascar)............................	»	»			
Paragonite. Monte Campione (Saint-Gothard)......		[Na]	»	»	
Oligoclase. Ytterby (Suède)......................		»	»		
Albite. Kiribinsky (Sibérie)......................		»	»		
Chabasie. Naalsoe (Iles Feroe) [Ca]...............		»	»		
Mésotype. Parentignat (Auvergne).................		»			
Anorthite (N^{lle}-Calédonie) — Somma (Vésuve) [Ca]..		Na	»		
Labrador. Benonoka (Madagascar) [Ca]............		»	»		
Heulandite. Berufiord (Islande) [Ca]..............		»	»		

La présence du lithium n'a été admise que par l'observation de la raie λ 6.104 U_2, la raie λ 6.708 U_1 étant visible avec presque tous les silicates.

On peut remarquer que, contrairement aux vues de Barbier (¹), et d'accord avec les résultats de M. W. Vernadsky (²), nous avons constaté la présence du rubidium et du lithium dans les orthoses et les microclines, ce qui infirme la distinction proposée par Barbier pour classer les feldspaths potassiques.

Nous pouvons ajouter, d'après nos expériences, les observations suivantes qui confirment des faits en partie déjà connus :

Les minéraux dans la constitution desquels entre le potassium sont ceux qui renferment des métaux alcalins rares. Les minéraux dans la constitution desquels entrent le lithium, le sodium ou le calcium, et ne contenant pas ou peu de potassium, en sont exempts.

Le rubidium est rencontré avec une plus grande fréquence que le cæsium; mais dans le pollux lui-même, qui est le minerai du cæsium, on ne trouve le potassium qu'à l'état de traces.

Les métaux alcalins rares se concentrent dans les feldspaths potassiques et les micas. Les minéraux de formation secondaire, tels que les zéolites, les silicates sodiques et calcosodiques, n'en renferment pas.

ÉLECTROOPTIQUE. — *Sur la dispersion de biréfringence électrique de l'éther éthylique.* Note de M. **Marcel Schwob**, transmise par M. A. Cotton.

Avec R. Lucas (³), j'ai signalé l'existence de dispersions de biréfringences électriques et magnétiques *anormales*, en contradiction avec la formule d'Havelock. Nous avons montré que ces phénomènes s'interprétaient (de même que les dispersions rotatoires anormales) par l'existence d'équilibre entre des structures moléculaires différentes des corps étudiés.

D'autre part, Lyon (⁴) et Becker (⁵) avaient signalé que l'éther éthylique

---

(¹) P. Barbier, *Bull. Soc. fr. de Minéralogie*, **31**, 1908, p. 152.

(²) W. Vernadsky et E. Revoutsky, *Comptes rendus*, **151**, 1910, p. 1372.

(³) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 2296.

(⁴) N. Lyon, *Annalen der Physik*, **46**, 1915, p. 753.

(⁵) G. Becker, *Annalen der Physik*, **76**, 1925, p. 849.

présentait une dispersion de biréfringence électrique nettement plus petite que celle prévue par la loi d'Havelock. Il était intéressant, dans ces conditions, d'étudier de nouveau ce corps, d'autant plus que les valeurs indiquées par Lyon et Becker ne sont pas concordantes entre elles.

J'ai donc effectué cette étude à l'aide de la méthode de Chaumont et du dispositif stroboscopique déjà décrit ([1]).

L'éther pur employé était desséché sur sodium dégraissé.

Les cellules de Kerr utilisées, et qui seront décrites ailleurs, permettaient une dessiccation permanente de l'éther au moyen de sodium placé dans une tubulure auxiliaire.

Une enveloppe thermostatique, à circulation d'eau permettait de maintenir la température constante à une fraction de degré près.

La grande résistivité électrique de l'éther rigoureusement anhydre nous a permis d'employer, sans effet Joule appréciable, une tension alternative de valeur efficace 14 000 volts, avec une distance d'électrodes de 7^{mm}.

Dans ces conditions le champ, au moment de la mesure, est d'environ 30 000 volts/cm.

La longueur de liquide traversé a pu atteindre sans inconvénient 35^{cm}.

La mesure se traduit alors par des rotations de l'analyseur de l'ordre de 3 degrés.

Les écarts entre deux lectures atteignent $1/100^e$ de degré. La précision du $1/100^e$ en valeur relative, sur la différence de ces lectures, est donc assurée.

Les résultats ci-dessous sont rapportés au sulfure de carbone à la même température que le corps étudié, soit 17°C.

Biréfringence de l'éther éthylique anhydre rapportée au sulfure de carbone à 17°C.

Biréfringence du sulfure de carbone à 17°C = 100. Température $\theta = 17°$.

Longueurs d'onde	5780 Å	5460 Å	4360 Å
Biréfringence électrique	$\beta_J = 20,1$	$\beta_V = 20,9$	$\beta_I = 27,6$
Dispersion	$\frac{\beta_I}{\beta_J} = 1,37$	$\frac{\beta_I}{\beta_V} = 1,31$	

La loi d'Havelock prévoit des valeurs voisines de 1,33 et 1,25.

Cette dispersion, légèrement supérieure à celle prévue par la loi d'Havelock, est donc *normale*.

([1]) R. Lucas et M. Schwob, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1729.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Sur l'effet photoélectrique interne dans les diélectriques liquides.* Note de M. G. LIANDRAT, présentée par M. Ch. Fabry.

W. H. Eller [1] a observé récemment, pour l'huile de paraffine et divers hydrocarbures saturés liquides, une augmentation de conductibilité sous l'action de la lumière ultraviolette de l'arc au mercure, en prenant toutes les précautions nécessaires pour ne pas éclairer les électrodes. Les observations antérieures n'établissaient pas d'une manière certaine l'existence d'un effet de volume indépendant de toute émission parasite des électrodes [2].

J'ai pu observer la photoconductibilité du tétrachlorure de carbone remplissant une cellule de silice fondue limitée par deux fenêtres planes. A l'intérieur de cette cellule, deux électrodes de nickel laissent entre elles un volume de 1^{cm^3} environ, facile à éclairer tout en évitant l'action du rayonnement sur les électrodes. Celles-ci sont supportées par des tiges de nickel soudées à des fils très fins de tungstène scellés dans le quartz. La cellule est raccordée par un intermédiaire quartz-pyrex, à un appareil en pyrex permettant de distiller plusieurs fois le tétrachlorure de carbone dans le vide. Un champ électrique de 2000 volts/cm, appliqué pendant plusieurs jours, m'a permis d'abaisser la conductivité du liquide dans l'obscurité jusqu'à 10^{-15}/ohm^{-1}/cm^{-1}. Après quoi, l'éclairement par le rayonnement total de l'arc au mercure (arc George-Gallois) permettait d'atteindre en 1 heure environ une conductivtié dix fois supérieure, persistant longtemps après extinction de la lampe pour reprendre sensiblement la valeur primitive après 2 heures environ. La grandeur et surtout l'irrégularité des conductivités obtenues sans éclairement montrent que le tétrachlorure de carbone n'a pas été suffisamment purifié. Pour expérimenter en lumière dispersée et déterminer la courbe spectrale de sensibilité, il est de toute nécessité d'obtenir au préalable un liquide de conductivité stable inférieure à 10^{-17}. Il semble donc indispensable d'entreprendre la purification suivant la longue et pénible méthode indiquée par Jaffé [3], comportant de nombreuses distillations alternées avec des applications d'un champ électrique

---

(1) WILLARD, H. ELLER, *Journ. Opt. Soc. Amer.*, 20, 1930, p. 71-80.

(2) G. SZIVESSY et K. SCHÄFER, *Ann. der Phys.*, 35, 1911, p. 511-523; S. TIMPANARO, *Nuovo Cimento*, 24, 1922, p. 203-219.

(3) G. JAFFÉ, *Ann. der Phys.*, 25, 1908, p. 257-284, et 28, 1909, p. 326-335.

intense. En effet, l'inertie de la photoconductibilité ne laisse aucun espoir de séparer le courant photoélectrique d'un courant d'obscurité du même ordre, au moyen d'un éclairement modulé et d'un amplificateur basse fréquence.

ÉLECTROCHIMIE. — *Propriétés électrochimiques des électrodes photosensibles à sels de cuivre.* Note de M. **René Audubert**, présentée par M. Perrin.

L'expérience montre qu'une lame de cuivre recouverte d'une substance photosensible fonctionne comme une électrode de cuivre non altérée.

Lorsqu'on mesure le potentiel E de diverses électrodes photosensibles, Cu/Cu^2O, Cu/CuO, $Cu/CuO - Cu^2O$, Cu/ couche de phénosafranine Cu/ couche de bleu de Nil, etc. dans des solutions de sulfate de cuivre en fonction du potentiel E′ d'une électrode de cuivre dans les mêmes conditions, on obtient, pour les couples précédents, les relations suivantes :

$E = 0{,}92E' + 0{,}014$;	en volt pour	Cu/CuO,
$E = 0{,}98E' + 0{,}003$;	»	Cu/Cu_2O,
$E = 1{,}00E' - 0{,}006$;	»	Cu/CuI,
$E = 0{,}98E' - 0{,}010$;	»	Cu/bleu de Nil,
$E = 1{,}02E' - 0{,}016$;	»	Cu/phenosafranine,
$E = 0{,}98E' + 0{,}004$;	»	Cu/CuO — CuO.

Ces résultats montrent que, si l'on désigne par $[Cu^{++}]$ l'activité du cation cuivrique dans la solution, on a

$$E = E_0 - \frac{RT}{2F}\log[Cu^{++}], \tag{1}$$

E_0, potentiel normal, est légèrement différent de celui du cuivre pur et varie d'une électrode à l'autre; sa valeur peut être déterminée par la méthode d'extrapolation de Lewis.

Le potentiel E est lié d'une part à un équilibre entre les ions Cu^+ et Cu^{++}, d'autre part à un processus d'oxydo-réduction dans lequel intervient l'oxygène, conformément à

$$\left\{\begin{array}{lcl} 2Cu^+ & \rightleftharpoons & Cu^{++} + Cu, \\ Cu^+ + \frac{1}{4}O^2 + \frac{1}{2}H^2O & \rightleftharpoons & Cu^{++} + \bar{O}H. \end{array}\right. \tag{2}$$

Si l'on applique la loi d'action des masses à ces différents équilibres, on

a, en désignant par k la constante du premier et par k' celle du second :

$$[Cu^{++}] = \frac{k[O^2]^{\frac{1}{2}}}{k'^2[\overline{O}H]^2}.$$

Cette relation peut être soumise au contrôle de l'expérience.

Supposons en particulier $[O^2] = \text{const.}$ Cette condition, qui est réalisée dans un milieu tamponné, l'est aussi dans des solutions de sels normaux de cuivre : NO^3Cu, SO^4Cu, qui, en présence d'air, peuvent être considérées comme des réservoirs d'oxygène à pression constante; bien que la mesure soit difficilement reproductible, on constate que, dans ces solutions à $pH = 4$, le potentiel d'une électrode de platine est voisin de $E_h = 0,298$ à 0,007 volt près au maximum, ce qui correspond à $rH^2 = 27$. On peut donc considérer, aux erreurs d'expériences près, l'activité de l'oxygène du milieu comme sensiblement constante.

Par suite, la relation (3) s'écrit en tenant de (1), en posant $[O^2] = K$ et en désignant par k_w la constante d'ionisation de l'eau :

$$E = A + \frac{RT}{F} pH,$$

où la constante A est égale à

$$E_0 - \frac{RT}{2F} \log \frac{kK^{\frac{1}{2}}}{k'^2 k_w^2}.$$

L'expérience donne respectivement, pour les électrodes précédentes, entre $pH = 3,5$ et $pH = 5,5$ les relations suivantes :

$$E = -0,203 + 0,058\, pH,$$
$$E = -0,171 + 0,060\, pH,$$
$$E = -0,185 + 0,059\, pH,$$
$$E = -0,166 + 0,058\, pH.$$

Ces résultats établissent donc que, dans une échelle de pH, qui correspond précisément à celle où les forces électromotrices photovoltaïques sont reproductibles et où la substance photosensible ne subit point d'altération, le potentiel de l'électrode est lié à un processus d'oxydo-réduction dans lequel intervient l'oxygène.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude du système* SO^4H^2, SO^4Mg, H^2O. Note (1) de M. **René Arditti**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Le système eau-sulfate de magnésium a été l'objet de recherches de la part de nombreux expérimentateurs, en particulier Étard (2), Mulder (3), Kupper (4). Les chiffres donnés par ces auteurs sont assez discordants. J'ai repris cette étude et j'ai obtenu des résultats, qui, confirmant assez bien ceux de Mulder, peuvent entre 0° et 80° centigrades être représentés par la formule

$$y(t) = \frac{26,8 + 0,47\,t}{126,8 + 0,47\,t}$$

où $y(t)$ représente, à $t°$, la teneur en sulfate de magnésium de 100g de solution.

Pour le système ternaire SO^4H^2, SO^4Mg, H^2O, j'ai déterminé trois

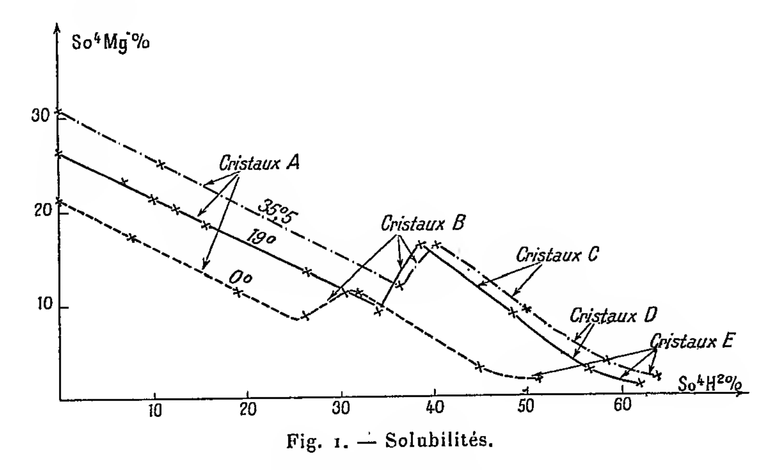


Fig. 1. — Solubilités.

isothermes de solubilité aux températures 0°, 19° et 35°,5, isothermes représentées (*fig.* 1). J'ai porté en ordonnées la teneur en sulfate de magnésium de 100g de la solution, et en abscisses la teneur en acide sulfurique libre. Le taux d'acide libre a été déterminé soit par gravimétrie, soit par volumétrie. Les résultats ont toujours été concordants.

---

(1) Séance du 1er mai 1933.

(2) Étard, *Ann. Chim. Phys.*, 2, 1894, p. 54.

(3) Muldes, *Thèse Rotterdam*, 1864.

(4) Kupper, *Caliche*, 8, 1927, p. 467.

Les points utilisés pour le tracé des isothermes correspondent à des états d'équilibres stables. Ils ont, en effet, été obtenus soit en précipitant par de l'acide sulfurique la solution aqueuse saturée de sulfate heptahydraté, soit en dissolvant dans des mixtes d'acide sulfurique et d'eau, du sulfate de magnésium heptahydraté ou anhydre (celui-ci préparé par calcination ou par déshydratation prolongée dans le vide à partir de l'heptahydrate).

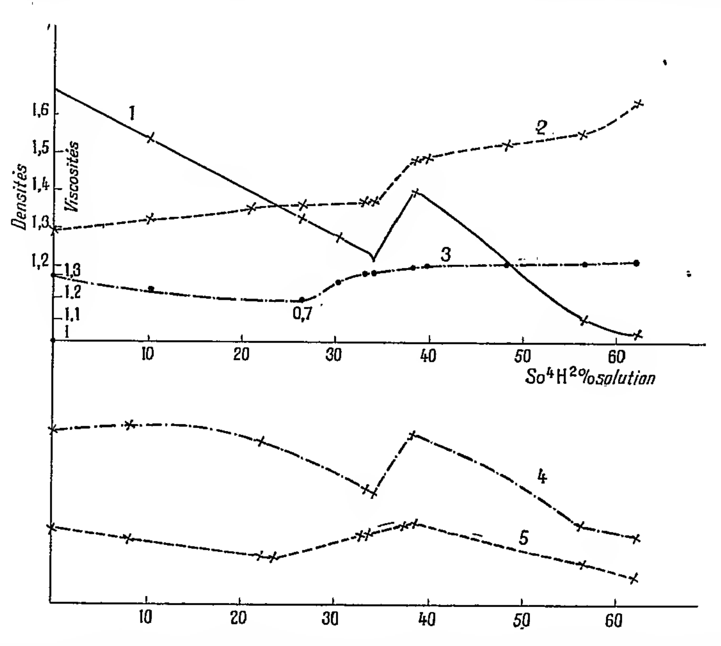


Fig. 2. — 1, courbe de solubilité à 19°; 2, courbe de densité ternaire à 19°; 3, courbe de viscosité ternaire à 19°; 4, différence des densités ternaire-binaire; 5, différence des viscosités ternaire-binaire.

Aux discontinuités observées sur ces courbes correspondent des changements dans la composition de la phase solide en équilibre avec la phase liquide. Montemartini et Losana (¹) qui ont étudié le système ternaire à 12°,5 ont trouvé certaines de ces discontinuités, mais ne semblent pas toujours être parvenus aux équilibres thermodynamiquement stables; ils indiquent, en effet, en plusieurs points — autres que les points de transition — la coexistence de deux phases solides avec la phase liquide.

Les phases solides que j'ai obtenues ont des compositions et des aspects différents. L'heptahydrate, qui se dépose dans les milieux les moins riches

(¹) Montemartini et Losana, *Industria Chimica*, 4, 1929, p. 199.

en acide, se présente sous son aspect habituel de gros cristaux orthorhombiques. Les autres sels au contraire sont constitués, bien que leur formation ait été très lente (plusieurs jours) par de microcristaux. Au moment de mes déterminations l'observation microscopique permettait toujours de reconnaître l'homogénéité de la phase solide, ce que l'on n'observait d'ailleurs qu'au bout d'un temps assez long.

L'analyse des diverses phases solides qui ont été rapidement essorées puis essuyées entre des plaques poreuses a permis de leur attribuer pour formules :

Cristaux (A)	$SO^4Mg, 7H^2O$
Cristaux (B)	$SO^4H^2, SO^4Mg, 3H^2O$
Cristaux (C)	SO^4H^2, SO^4Mg
Cristaux (D)	$2SO^4H, 3SO^4Mg$
Cristaux (E)	$SO^4H^2, 3SO^4Mg$

J'ai enfin étudié la variation de propriétés physiques de la phase liquide en fonction du taux d'acide. Les résultats à la température de 19° sont représentés (*fig.* 2). Les points anguleux des courbes relatives à la viscosité et à la densité correspondent à des points anguleux de la courbe de solubilité à la même température. La chose est plus nette encore si l'on considère les différences entre les valeurs de la viscosité (ou de la densité) du mélange ternaire et celles du mélange binaire d'eau et d'acide sulfurique de même taux d'acide.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Analyse thermique du système chlore-trichlorure de bore.* Note de M. **W. Graff**, présentée par M. H. Le Chatelier.

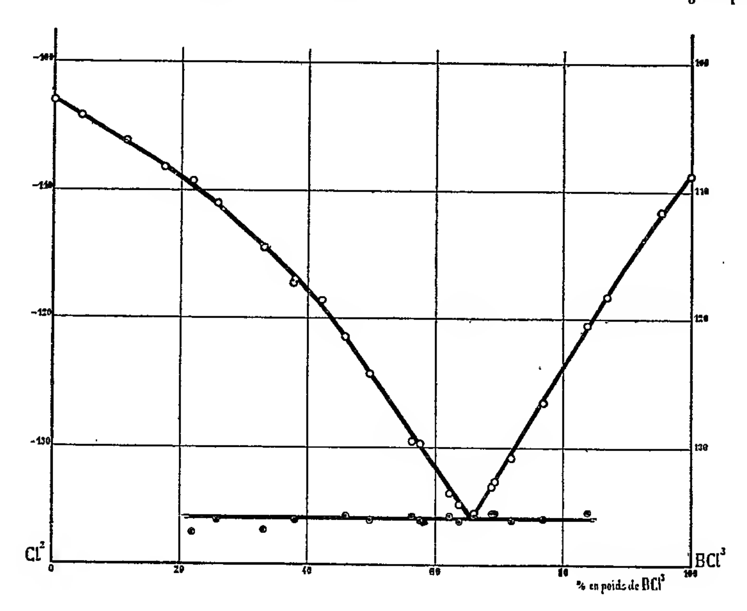
La formule des principaux composés du bore s'accorde avec la trivalence de cet élément. Cependant une valence plus élevée pourrait être adoptée dans le cas de certains hydrures. Ainsi la valence 4 expliquerait l'analogie des formules de H^6B^2 et de l'éthane. Pour cette raison et par analogie avec ce qui se passe pour l'arsenic, on pouvait supposer qu'un chlorure plus riche en halogène que Cl^3B se formerait à basse température en présence d'un excès de chlore. C'est pour vérifier ce fait que nous avons entrepris l'étude de la courbe de fusibilité des mélanges de chlore avec le seul chlorure de bore connu Cl^3B.

Appareil. — Les divers mélanges ont été obtenus par distillation dans le vide des

constituants pesés dans des ampoules scellées dont la pointe, introduite dans la voie d'un robinet de verre, était brisée par une simple rotation de la clé (¹).

A l'intérieur du tube laboratoire étaient fixés dans la partie centrale, un thermomètre à isopentane divisé en 1/5° de degré et un fil de platine d'une résistance voisine de 50 ohms à 0°.

Ce dernier, introduit dans un dispositif en pont de Wheatstone, permettait l'enregistrement de la courbe de refroidissement. Autour des thermomètres, un agitateur électromagnétique en platine, du modèle imaginé par Beckmann (²), assurait l'homogénéité du mélange et facilitait sa cristallisation. Le refroidissement jusqu'aux envi-



rons de —150° s'effectuait lentement (en 2 heures environ), à l'aide d'oxygène liquide agissant à travers une gaine mauvaise conductrice de la chaleur.

Trois séries de mesures ont été réalisées. La première en ajoutant des proportions croissantes de chlorure de bore à un poids déterminé de chlore, la seconde en partant du chlorure pur et en le chargeant de plus en plus de chlore, la troisième destinée à fournir des points de vérification aux endroits délicats de la courbe.

Pour chaque expérience, la courbe de refroidissement était obtenue par lecture directe du thermomètre à isopentane et par inscription sur un galvanomètre enregistreur Rengade.

Résultats. — Le point de fusion du chlore a été trouvé à —103° ± 0°,3, celui du chlorure de bore à —108°,7 ± 0,3.

(¹) Hackspill et Couder, *Chimie et Industrie*, 1924, p. 404.

(²) Beckmann, *Z. Elektr.*, 15, 1909, p. 385.

Eucken et Karwat [1] avaient trouvé — 102°,3 pour le chlore, Stock et Priess [2] — 107° pour le chlorure.

Ces deux corps sont, à l'état liquide, miscibles en toutes proportions.

La courbe ci-dessus donne les points de fusion en fonction de la composition. Aucune combinaison n'est mise en évidence, seul un palier d'eutectique apparaît avec netteté pour les mélanges contenant de 20 à 85 pour 100 de chlorure de bore. Ce palier se trouve à — 135°,4 ± 0,3, il correspond sensiblement à la composition pondérale suivante : 65,5 pour 100 de Cl^3B et 34,5 de chlore. Les erreurs dues à la surfusion sont négligeables, cette dernière n'ayant jamais nécessité une correction supérieure à un demi-degré pour le point de solidification commençante.

En résumé, l'analyse thermique du système chlore-chlorure de bore ne montre l'existence d'aucun chlorure nouveau, et par conséquent d'aucune valence du bore, supérieure à trois.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur quelques phénomènes de chimie superficielle.* Note de M. **René Dubrisay** et Mlle **Paulette Drouot**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Les considérations thermodynamiques développées par Gibbs [3] permettent de prévoir dans une solution complexe le sens des différences de composition entre la masse liquide et la surface libre. L'un de nous a montré qu'il était possible de baser sur cette observation une véritable méthode de fractionnement [4]. Mais on peut aller plus loin : si l'on considère une solution de plusieurs corps différents susceptibles de réagir les uns sur les autres suivant des réactions réversibles, il doit se produire entre la masse liquide et la couche libre un déplacement d'équilibre correspondant à la formation des corps les plus actifs au point de vue capillaire [5]. Des expériences qualitatives de Deutsch [6] peuvent être interprétées en accord avec ce principe. Nous nous sommes proposé d'en donner des véri-

(1) Eucken et Karwat, *Z. physik. Chemie*, 112, 1924, p. 475.
(2) Stock et Priess, *Ber. d. chem. Ges.*, 47, 1914, p. 311.
(3) Gibbs, *Scientific. Papers*, 1, p. 219. Longmans Green and C°, Londres, 1906.
(4) René Dubrisay, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1076.
(5) Freundlich, *Kapillarchemie*, Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig, 1930.
(6) Deutsch, *Zeit. für phys. chem.*, 136, 1928, p. 353.

fications quantitatives, et pour cela, nous avons, de même que dans des expériences antérieures, fait mousser des solutions complexes convenablement choisies et reconnu :

1° Que la composition du liquide de tête provenant de la condensation des mousses était différente de celle du liquide résiduel ou liquide de queue ;

2° Que la tension superficielle du liquide de tête était toujours inférieure à la tension superficielle du liquide de queue.

A la vérité, Jean Perrin (¹) avait constaté déjà que dans une solution d'oléate alcalin le moussage provoquait une véritable décomposition du sel, les têtes étant plus riches en acide gras que les queues. Nous avons tout d'abord repris ces expériences en opérant sur des solutions de laurate contenant ou non un excès de base (soude, potasse ou triéthanolamine. Dans tous les cas, les résultats ont été conformes aux prévisions rappelées plus haut ainsi que le montrent, choisis entre beaucoup d'autres, les résultats mentionnés dans le Tableau I.

Tableau I. — *Solution primitive contenant* 1,25 *pour* 1000 *d'acide laurique.*

Nature de la base.	Soude.	Potasse.	Triéthanolamine.
Rapport moléculaire base/acide dans la solution primitive	0,91	1,28	1,12
Même rapport dans les têtes	0,79	1,05	0,89
Même rapport dans les queues	1,01	1,43	1,37
Rapport des tensions capillaires dans les queues aux tensions capillaires dans les têtes	1,26	1,28	1,24

Ces recherches ont été poursuivies dans des mélanges plus complexes. Nous avons tout d'abord opéré sur des solutions de laurate de potasse additionnées d'un excès de triéthanolamine. En raison de l'hydrolyse connue des sels d'acide gras, un partage doit s'établir entre l'acide et les deux bases : les chiffres suivants montrent que cette répartition est modifiée entre la surface libre et la masse du liquide, le sens de déplacement étant toujours celui qui a été indiqué :

(¹) J. Perrin, *Ann. Physique*, 10, 1919, p. 182.

Tableau II. — *Solutions à 1,25 d'acide laurique pour 1000.*

Rapports moléculaires.	Potasse / Acide laurique.	Triéthanolamine / Acide laurique.	Triéthanolamine / Potasse.
Dans la solution primitive...	0,99	1,05	1,07
Dans les têtes..............	0,80	0,71	0,88
Dans les queues............	1,09	1,26	1,14

Rapport des tensions superficielles dans les queues aux tensions superficielles dans les têtes : 1,43.

Des résultats tout à fait analogues ont été obtenus dans le cas du système acide borique-acide laurique soude (ou potasse).

Tableau III. — *Solutions contenant 1,25 d'acide laurique pour 1000.*

Rapport moléculaire : soude / acide borique.		Rapport moléculaire : potasse / acide borique.	
Solution primitive............	0,93	Solution primitive............	1,00
Têtes........................	0,96	Têtes........................	1,10
Queues......................	0,87	Queues......................	0,95

CHIMIE PHYSIQUE. — *Stabilité des nitrocelluloses : distinction de la décomposition due à une combustion interne de la décomposition due à la saponification.* Note de M. **Desmaroux**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons montré [1] que la décomposition des nitrocelluloses, en l'absence de réactions secondaires venant des oxydes de l'azote, était probablement due à une combustion interne d'un des anneaux de glucose qui forment la chaîne, les anneaux voisins demeurant, peu s'en faut, intacts.

Si ces oxydes d'azote ne sont pas chassés soigneusement, il se forme entre l'eau, le peroxyde et le bioxyde dégagés une solution aqueuse d'acide nitrique et d'acide nitreux. Il en résulte que de la nitrocellulose baignant dans de l'acide nitrique dilué, où, par suite de la réduction de l'acide par la nitrocellulose, il se forme un équilibre analogue, est le système simplifié qui se rapproche le plus de celui où se produisent ces réactions secondaires.

Ces réactions peuvent se classer en : *a*, combustion primaire dont nous

(1) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1649.

avons parlé ; *b*, saponification des groupes nitratés ; *c*, coupure des liaisons entre anneaux. On peut grossièrement séparer *b* d'avec *a* + *c* si l'on mesure *à la fois* la baisse d'azote et la perte de poids : il est facile, en effet, de calculer quelle est la part de cette perte qui est due à la baisse de l'azote. Il est plus malaisé de séparer *a* d'avec *c*.

Nous avons essayé dans quelques cas de faire grossièrement la part de *c* en dosant le glucose formé (le nitrate de glucose se décompose très rapidement en glucose et acide).

Comme exemple de décomposition sans réaction secondaire, nous avons choisi le chauffage de la nitrocellulose en autoclave à 132° dans une quantité d'eau suffisante pour diluer fortement l'acide qui se forme. Dans le tableau suivant, on trouvera pour quatre nitrocelluloses, après des durées variables de traitement : 1° les pertes de poids pour 1g (P); 2° les taux pour 100 d'azote (N); 3° le rapport (R) de (P) aux pertes de poids calculés en fonction de $(N_0 - N)$:

Taux d'azote initial.	16 heures à 132°.			24 heures à 132°.			32 heures à 132°.		
	P.	N.	R.	P.	N.	R.	P.	N.	R.
13,38	0,063	13,07	3,6	0,131	12,94	5,4	0,093	12,86	3,3
12,32	»	»	»	0,154	11,77	5,4	0,269	11,61	7,4
12,13	0,126	11,67	5,3	0,245	11,58	8,6	0,372	11,40	10,0
11,71	0,179	11,31	9,0	0,325	11,07	7,9	0,512	10,86	12,2

Ces résultats confirment que les réactions *a* et *c* sont de beaucoup prépondérantes; la saponification correspond seulement à 1/3 ou même 1/12e de la perte de poids. Dans les quelques essais où le glucose a été dosé (venant de la réaction *c*), on calcule que cette formation représente de 17 à 21 pour 100 de la perte de poids.

Pour étudier les réactions secondaires, nous avons chauffé à 40° deux de ces mêmes nitrocelluloses dans un grand excès d'acide nitrique de deux concentrations différentes et mesuré P, N et R.

N_0.	Concent. acide %.	T = 40°. Après 24 heures.			T = 40°. Après 48 heures.			T = 40°. Après 72 heures.		
		P.	N.	R.	P.	N.	R.	P.	N.	R.
13.38	25....	0,012	13,25	1,63	0,013	13,24	1,65	0,014	13,12	0,97
	45....	0,058	12,60	1,39	0,138	11,45	1,41	–	–	–
12.13	25....	0,00	11,93	–	0,022	11,83	1,49	0,029	11,72	1,42
	45....	0,265	10,09	2,76	(coton décomposé)			–	–	–

En moyenne *b* représente les deux tiers de la perte de poids. La réaction

s'expliquerait bien en gros par une saponification. Cependant, ce ne doit pas être une simple saponification puisque l'acide nitrique agit plus par son pouvoir oxydant que par ses ions H, car, si on le remplace par de l'acide sulfurique de même concentration, ce qui (très grossièrement il est vrai) représente une acidité du même ordre, les pertes de poids deviennent infimes.

Il est enfin surprenant de constater qu'à l'une et à l'autre épreuve, c'est la nitrocellulose la plus nitrée qui montre de beaucoup la plus forte résistance; c'est au contraire celle qui résiste le moins bien aux épreuves ordinaires de stabilité.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude de la coulabilité des alliages ternaires.* Note de MM. **Albert Portevin** et **Paul Bastien**, présentée par M. Léon Guillet.

Les résultats obtenus sur la coulabilité des alliages binaires [1] nous ont incité à étudier la variation de la coulabilité des alliages ternaires et à mettre en évidence l'influence des intervalles de cristallisation successifs. Nous avons utilisé, pour ces essais, le même moule métallique en fonte à spirale plane et horizontale et comme système ternaire simple, le système plomb-étain-bismuth, dont on connaît le liquidus [2] et qui comporte trois solutions solides voisines des métaux purs, dont les domaines sont mal délimités (*fig.* 1).

Θ et F étant les températures de coulée et du début de la cristallisation primaire, les expériences furent faites à surchauffe liquide Θ-F constante et égale à 100°, puisque, en première approximation, la coulabilité A est proportionnelle à Θ-F.

Alliages Sn-Bi, Bi-Pb, Pb-Sn. — La coulabilité suit les lois précédemment indiquées par nous et est maximum lorsque la fusion est congrüente (eutectiques).

Alliages Sn-Bi-Pb. — Nous avons exploré le diagramme à l'aide de sections verticales convenablement choisies : sections rectilignes transversales telles que M'N' et $E'_1 E'_2$ (*fig.* 2) et sections curvilignes, $E'_1 E'$, $E'_2 E'$, $E'_3 E$, suivant des lignes eutectiques binaires (*fig.* 3).

---

(1) A. Portevin et P. Bastien, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 850.

(2) Charpy, *Comptes rendus*, 126, 1892, p. 1569; Shepherd, *Journ. Phys. Chemistry*, 6, 1902, p. 519.

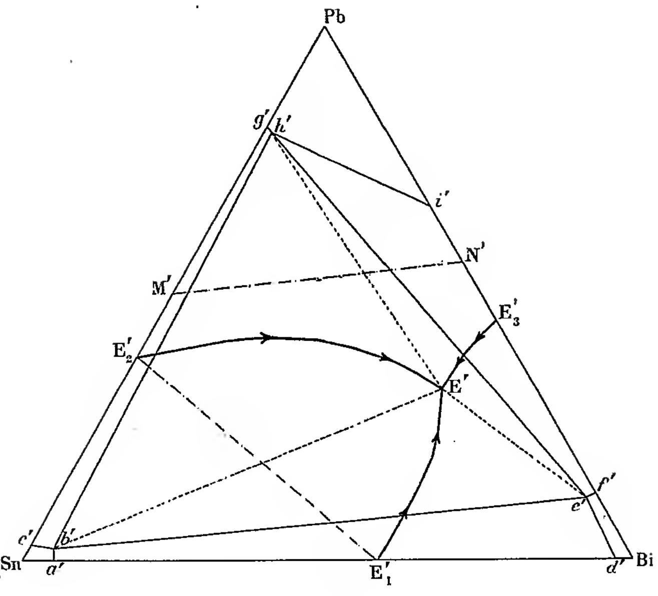


Fig. 1.

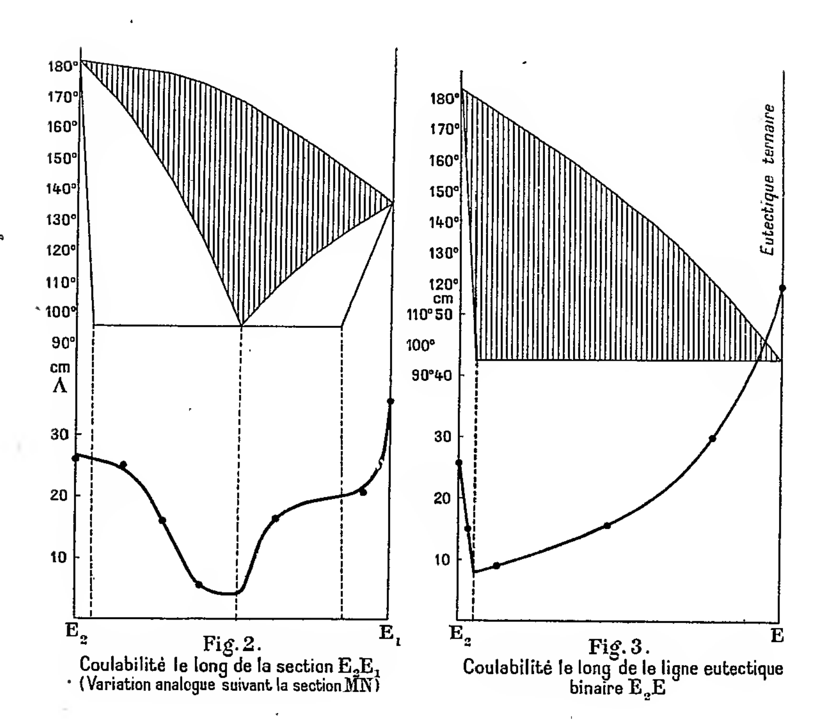


Fig. 2.
Coulabilité le long de la section E_2E_1
(Variation analogue suivant la section MN)

Fig. 3.
Coulabilité le long de le ligne eutectique binaire E_2E

Des expériences faites, il nous est apparu ressortir les conclusions suivantes :

a. La coulabilité de l'eutectique ternaire ($\Lambda = 55^{cm}$) est un maximum absolu par rapport aux coulabilités des eutectiques des systèmes binaires de base ($\Lambda_{Sn\text{-}Bi} = 36^{cm}$; $\Lambda_{Bi\text{-}Pb} = 30^{cm}$; $\Lambda_{Pb\text{-}Sn} = 26^{cm}$).

b. La coulabilité des alliages ternaires varie en sens inverse de l'intervalle de cristallisation primaire, dont le rôle est primordial, l'intervalle de cristallisation secondaire n'intervenant qu'à titre de correctif; de ceci résulte que :

1° Les lignes eutectiques binaires E_1E, E_2E, E_3E correspondent à des lignes de crête de la surface de coulabilité (intervalle de cristallisation primaire nul) et la coulabilité le long de ces lignes de crête varie alors en sens inverse de l'intervalle de cristallisation secondaire (*fig.* 3).

2° Pour des intervalles de solidification comparables, les alliages dont les cristaux primaires sont ceux de bismuth à faciès polyédrique ont une coulabilité plus grande que ceux à cristaux primaires dendritiques de plomb ou d'étain, ce qui confirme l'influence, que nous avons déjà signalée, du faciès primaire.

3° Les droites *b*E, *e*E, *h*E d'intersection des surfaces réglées de cristallisation secondaire correspondent à des vallées de la surface de coulabilité ternaire (intervalle de cristallisation primaire maximum) (*fig.* 2).

Ces résultats nous ont permis d'apporter quelques corrections aux domaines des solutions solides, dont l'étendue n'avait été indiquée jusqu'ici que sommairement [1]. L'ensemble de nos études sur la coulabilité des alliages binaires et ternaires nous a fait apparaître la détermination de cette propriété complexe comme un nouveau moyen d'investigation pour trouver les compositions eutectiques et même délimiter les domaines des solutions solides.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la précipitation de l'iodure d'antimoine et sur son hydrolyse.* Note [2] de M. **F. François**, présentée par M. H. Le Chatelier.

I. Les sels d'antimoine présentent peu de réactions de précipitation colorées. Mazuir [3] a cependant indiqué que l'addition à une solution de sel

---

(1) Shepherd, *loc. cit.*

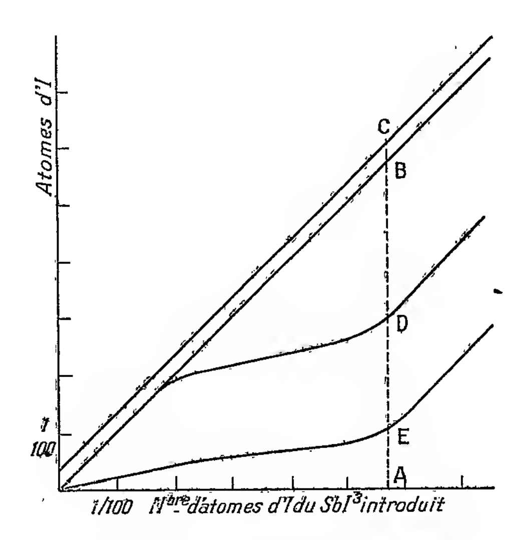
(2) Séance du 1er mai 1933.

(3) *Annales de Chimie analytique*, 2e série, 2, 1920, p. 9.

d'antimoine, d'iodure de potassium à 10 pour 100, puis d'un peu d'acide sulfurique pur donnait un précipité floconneux rouge brique sur la nature duquel il n'a pas insisté.

Avec des solutions contenant par litre 1/30ᵉ mol-gr de chlorure d'antimoine, et 3 mol-gr au moins d'acide sulfurique, le précipité obtenu par addition d'iodure de potassium est, ainsi que nous l'a montré l'analyse, SbI^3 pur, rouge vif, d'aspect très caractéristique.

Le remplacement de SO^4H^2 par d'autres acides minéraux ne provoque pas la formation du précipité : cependant les solutions concentrées d'acide orthophosphorique donnent lieu au même phénomène. La précipitation



OA = AB : nombre d'atomes d'I du SbI^3 introduit.
BC : » » » du HI introduit (dans 30cm³).
EC : » » » total de la liqueur finale.
DB : » » » du SbI^3 de la liqueur finale.
ED : » » » du HI produit dans la réaction.
EA : » » » du SbI^3 dans le solide.

Composition du solide ; $\dfrac{2\,AE}{ED} = \dfrac{\text{nombre de molécules de } SbI^3}{\text{nombre de molécules de } Sb^2O^3}$.

Composition de la liqueur : $\dfrac{DB}{3(ED+BC)} = \dfrac{\text{nombre de molécules de } SbI^3}{\text{nombre de molécules de HI}}$.

est en relation avec le pouvoir déshydratant de l'acide sulfurique, non avec ses propriétés acides.

II. Lorsque la concentration de l'acide sulfurique est insuffisante, le précipité obtenu est orangé : ce n'est plus SbI^3, mais le résultat de son hydrolyse. Nous avons donc repris l'étude complète de l'hydrolyse de

l'iodure d'antimoine par l'eau et l'acide iodhydrique étendu. Cooke ([1]), Sérullas ([2]) ont signalé les oxyiodures

$$SbOI(Sb^2O^3, SbI^3) \text{ et } Sb^4O^5I^2(Sb^2O^3, 2SbI^3).$$

Des masses variables d'iodure d'antimoine ont été mises en contact avec un volume constant d'eau distillée ou de solutions d'acide iodhydrique (de concentration comprise entre 0,1 N et 0,6 N) en tube fermé. L'agitation a été réalisée pendant une quinzaine de jours, à la température ordinaire, à l'abri de la lumière. J'ai vérifié qu'au bout de ce temps l'équilibre était établi.

Quelle que soit la concentration de l'acide introduit, l'examen des courbes représentatives du phénomène permet de distinguer quand on fait croître les masses du SbI^3 mises en jeu :

a. Une série de tubes pour lesquels l'analyse montre l'absence de sel d'antimoine en solution. La quantité de HI formé par la réaction croît proportionnellement à la masse de SbI^3 introduite. La composition de la phase solide est donc constante; elle répond à SbI^3, $2.Sb^2O^3$.

A la température ordinaire, un excès d'eau considérable (1 litre d'eau pour 5/1000 mol de SbI^3) n'a pas rendu l'hydrolyse plus complète.

b. Une série de tubes où l'antimoine existe dans la liqueur et croît régulièrement avec l'iodure introduit; le HI formé augmente beaucoup moins rapidement. La composition du solide varie d'une façon continue jusqu'à atteindre sensiblement celle qui correspond à SbOI, mais sans s'y fixer.

c. Une série de tubes dans lesquels le résidu solide, nettement inhomogène laisse voir une accumulation croissante de SbI^3, constituant une phase nouvelle. La liqueur après réaction présente une composition constante. Cette composition est la même quelle que soit la teneur initiale en HI. Le SbI^3 et HI libres y sont dans le rapport $3.SbI^3/8.HI$.

Nous avons employé le diagramme représentatif suivant qui a l'avantage de donner à la fois la composition du solide et celle du liquide.

L'étude précédente ne met nettement en évidence dans l'hydrolyse du SbI^3 à la température ordinaire que l'oxyiodure $2.Sb^2O^3$, SbI^3. L'hydrolyse ne mène pas dans ces conditions à Sb^2O^3.

([1]) *Proc. Am. Ac.*, 13, 1877, p. 63-105.

([2]) *Ann. Chimie et Physique*, 2e série, 38, 1826, p. 322.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de l'eau oxygénée sur le permanganate.* Note de M. **Pierre Dubois**, présentée par M. G. Urbain.

D'après Gorgeu ([1]), l'eau oxygénée réduit le permanganate en donnant des précipités de composition voisine de $MnO^{1,95}(K^2O)^{0,18}(H^2O)^{1,14}$ et ces suroxydes détruisent l'eau oxygénée.

Voici les résultats expérimentaux d'une étude de cette réaction.

Formation des précipités. — On verse rapidement dans 150^{cm^3} d'une solution de permanganate à 20°, énergiquement agitée, 50^{cm^3} d'une solution d'eau oxygénée de titre convenable. On porte en 3 minutes à ébullition qu'on maintient 7 minutes et l'on filtre sur Iéna n° 4. Le filtrat contient, sous forme de potasse, une partie du potassium du permanganate et pas d'eau oxygénée. Tout le manganèse se trouve dans le précipité et il ne s'en élimine pas au cours du lavage fait avec 300^{cm^3} d'eau. Après passage de 200^{cm^3} le précipité a une composition constante en potassium. On dose l'oxygène par l'acide oxalique, et la potasse par acidimétrie.

Influence de la concentration en permanganate. — On emploie 50^{cm^3} d'eau oxygénée normale. Avec 150^{cm^3} de permanganate de titre plus faible que 0,02*n* environ, on a une solution brune qui traverse le filtre. Le degré oxydimétrique varie très rapidemeut (*fig.* 1). On obtient (point A) avec du permanganate 0,037*n*, les compositions suivantes avant et après lavage : $MnO^{1,87}(K^2O)^{0,28}$ et $MnO^{1,87}(K^2O)^{0,24}$. Du permanganate 0,18*n* donne (point B) $MnO^{1,95}(K^2O)^{0,28}$ et $MnO^{1,95}(K^2O)^{0,25}$.

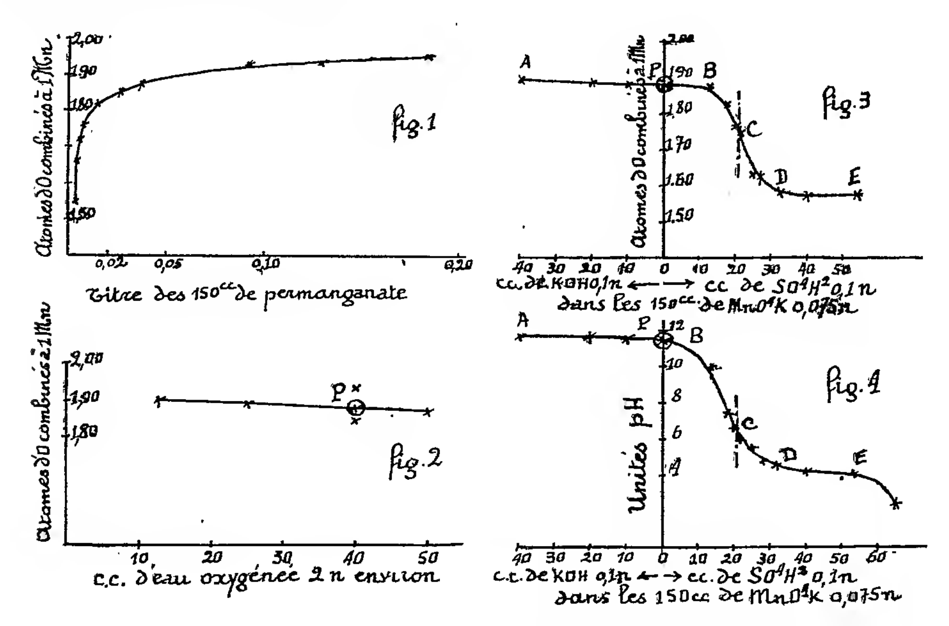
Influence de la concentration en eau oxygénée (*fig.* 2). — Des volumes variables d'eau oxygénée, environ 2*n*, sont dilués à 50^{cm^3} que l'on verse dans les 150^{cm^3} de permanganate 0,075*n*. Ce dernier est incomplètement réduit par 10^{cm^3} d'eau oxygénée. Il faut donc, dans ces conditions opératoires, un volume d'eau oxygénée sensiblement deux fois plus grand que celui du permanganate en supposant les solutions à titres égaux.

Le précipité correspondant au point P (*fig.* 2, 3, 4), de formule $MnO^{1,88}(K^2O)^{0,24}$, est soumis à des lavages électrolytiques suivant la méthode de Charriou ([2]). Il s'élimine un peu de potassium et l'on obtient finalement $MnO^{1,88}(K^2O)^{0,167}$.

([1]) Gorgeu, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, 3, 1890, p. 606 et 771.

([2]) Charriou, *Thèse*, p. 35. Presses universitaires, Paris.

Action de l'eau oxygénée et du permanganate sur les précipités (*fig.* 2). — Après refroidissement, à 20°, de la solution basique contenant le suroxyde correspondant au point P, on ajoute, en agitant, 40^{cm^3} d'eau oxygénée environ $2n$ et porte à ébullition 10 minutes. Le degré oxydimétrique a baissé de $MnO^{1,88}$ à $MnO^{1,85}$.



Dans les mêmes conditions initiales, 20^{cm^3} de permanganate $0,5n$ agissant, à froid, pendant 10 minutes sur $MnO^{1,88}$ donnent $MnO^{1,94}$.

Influence du pH (*fig.* 3 et 4). — Les conditions, en général, diffèrent de celles du point P par l'addition de quantités variables de potasse, ou d'acide sulfurique, au permanganate, avant dilution à 150^{cm^3}.

1° *Milieu alcalin.* — Le degré oxydimétrique des suroxydes qui se forment à pH voisin de 11,5, reste à peu près constant ($MnO^{1,88}$) dans un grand intervalle, AB, précédant la neutralité.

2° *Milieu acide.* — Il se forme du sulfate de manganèse (branche CDE des courbes) lorsque la quantité d'acide est plus grande que celle nécessaire à la transformation en sulfate du potassium contenu dans le permanganate.

A mesure qu'apparaît ce sulfate de manganèse, la masse du précipité décroît progressivement. Ce dernier, de composition sensiblement constante $MnO^{1,58}$ dans l'intervalle DE, se forme à pH voisin de 4,2. Il contient de 1 à 2 pour 100 de sulfate de potassium non éliminable par les lavages

ordinaires. Pour un rapport moléculaire

$$\frac{\text{acide sulfurique}}{\text{permanganate}} = \frac{3}{2},$$

dans les 150$^{cm^3}$ de solution initiale, il n'apparaît plus de précipité. Le manganèse du filtrat et celui du précipité sont dosés par potentiométrie (1).

Conclusions. — En général, l'action de l'eau oxygénée sur le permanganate ne donne pas, si l'on fait varier les facteurs de la réaction, des suroxydes à composition fixe. On obtient ce résultat dans certains intervalles de variation, en se plaçant dans des conditions bien déterminées, pour les suroxydes $MnO^{1,58}$ et $MnO^{1,88}$. Ce dernier, formé en milieu basique, contient du potassium éliminable, partiellement, par un lavage électrolytique qui donne finalement $MnO^{1,88}(K^2O)^{0,167}$. J'ai préparé, d'autre part (2), en réduisant du permanganate par du sulfate manganeux, un suroxyde de degré oxydimétrique assez voisin : $MnO^{1,87}$. Avant de proposer, s'il y a lieu, des formules à coefficients entiers, compatibles avec ces analyses, j'étudie par différentes méthodes : rayons X, attaque par des réactifs variés, etc., l'individualité de tous ces corps.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la préparation des tungstates métalliques.* Note de M. **Adrien Karl**, présentée par M. G. Urbain.

Les méthodes ordinaires de préparation des tungstates consistent à fondre de l'anhydride tungstique avec des alcalis ou des carbonates alcalins. On reprend par l'eau et le tungstate alcalin formé sert à préparer les autres par double décomposition.

Suivant Mannross (3), Geuther et Forsberg (4), Schultze (5), on peut également fondre le tungstate alcalin avec le chlorure métallique souvent en présence du chlorure de sodium.

Dans la plupart des préparations de tungstates métalliques, les auteurs

(1) P. Dubois, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1162.

(2) P. Dubois, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2213.

(3) Mannross, *Ann. Chem. Pharm. Lieb.*, 81, 1852, p. 243.

(4) Geuther et Forsberg, *Ann. Chem. Pharm. Lieb.*, 120, 1861, p. 270, et *Bull. Soc. chim.*, 4, 1862, p. 165.

(5) Schultze, *Ann. Chem. Pharm. Lieb.*, 126, 1863, p. 56.

mentionnent l'utilité de la présence du chlorure de sodium. Celui-ci semble jouer à première vue un rôle dans la formation des cristaux; aucune explication n'a été donnée sur le rôle exact du chlorure alcalin.

Celui-ci, cependant, semble avoir une importance particulière, ainsi qu'il résulte des recherches suivantes :

Le chlorure de sodium en fusion dissout immédiatement l'anhydride tungstique (même fortement calciné). On peut ajouter une molécule de WO^3 dans deux molécules de NaCl. Il n'est pas possible d'augmenter davantage la concentration en WO^3 sans que la masse se trouble. Après dissolution dans l'eau, on retrouve l'excès de WO^3. Au contraire, le produit de la réaction de $WO^3 + 2NaCl$ est entièrement soluble dans l'eau. Il n'est pas possible de déceler le chlore dans cette solution. L'analyse indique que le produit obtenu après évaporation de cette solution est WO^4Na^2. L'oxygène provient de l'air. La réaction est donc la suivante :

$$2\,WO^3 + 2\,NaCl + O^2 = 2\,WO^4Na^2 + Cl^2.$$

Si l'on substitue à NaCl les sels suivants, NaBr, KCl, KBr, LiCl, on obtient toujours le tungstate correspondant.

Pendant la réaction, on peut mettre en évidence le départ de l'halogène.

De ceci, il résulte qu'il est inutile, dans la préparation des tungstates métalliques, de passer par les fusions de WO^3 avec les alcalis ou leurs carbonates. Il suffit de faire fondre le mélange de WO^3 avec 2NaCl et la quantité calculée de l'oxyde ou du carbonate métallique dont on désire préparer le tungstate.

On a pu, par cette méthode, préparer les tungstates de cadmium, zinc, manganèse, fer, calcium, baryum, strontium en cristaux très nets et visibles à la loupe; de même, on a obtenu le wolfram et la hubnérite. Cette méthode paraît générale pour la synthèse de ce groupe de corps.

CHIMIE MINÉRALE. — *Décomposition thermique des siliciures de magnésium.* Note de M. **G. Gire**, présentée par M. C. Matignon.

Paul Lebeau et Bossuet [1] puis Vogel [2], par l'analyse thermique des alliages silicium-magnésium, mirent en évidence et caractérisèrent une

(1) *Comptes rendus*, **146**, 1908, p. 282, et *Revue de Métall.*, 6, 1909, p. 273.

(2) Vogel, *Zeit. Anorg. Chem.*, **61**, 1909, p. 46.

combinaison définie entre ces éléments de formule $SiMg^2$. Wœhler et Schliephake ([1]), par la méthode thermique et l'étude des potentiels du système binaire silicium-magnésium, confirmèrent l'existence du siliciure $SiMg^2$ et purent déceler, dans les masses de fusion brusquement refroidies, un autre siliciure correspondant à la formule SiMg. Ce siliciure ne serait stable qu'au-dessus de 800°; à 600° il se décomposerait lentement selon

$$2\,SiMg \rightarrow SiMg^2 + Si.$$

De son côté le silicium $SiMg^2$ instable au-dessus de 600° se décomposerait suivant

$$SiMg^2 \rightarrow SiMg + Mg.$$

On expliquerait ainsi la facile décomposition des siliciures en leurs éléments.

Lors d'une précédente étude sur la réduction de la magnésie par le silicium ([2]), nous avions pu constater que la combinaison du magnésium et du silicium est assez fortement exothermique. Nous avons donc cherché à combiner ces éléments à aussi basse température que possible. La réaction commence dès 450°, est rapide et s'accompagne d'une forte augmentation de volume. Le produit obtenu, bleu ardoise, répond bien à la formule $SiMg^2$.

Le magnésium et le silicium finement pulvérisés étaient intimement mélangés dans les proportions de 20 de magnésium pour 6 de silicium. Ce mélange, très fortement aggloméré, était chauffé dans le vide. Dès 450° la réaction est décelée par le couple thermo-électrique. Elle dure à peine quelques minutes. Dans le produit obtenu il y a un excès de magnésium mais pas de silicium libre. L'excès de magnésium était enlevé par l'intermédiaire d'un organo-magnésien selon la méthode de Lebeau ([3]) et le produit restant, après avoir été séché dans le vide à la température ordinaire, était chauffé également dans le vide jusqu'à 300°. L'analyse donne alors le résultat suivant :

	Siliciure obtenu.	$SiMg^2$.
Silicium	36,9	36,5
Magnésium	63,1	63,5

([1]) Wœhler et Schliephake, *Zeit. anorg. Chem.*, 151, 1926, p. 1.

([2]) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 884.

([3]) Lebeau et Bossuet, *loc. cit.*

Ce siliciure chauffé à 550° dans le vide se décompose. Nous avons suivi sa dissociation à cette température jusqu'à poids constant. La décomposition cesse lorsque le quart du magnésium combiné s'est volatilisé et sublimé dans les parties froides de l'appareil.

Le produit restant après dissociation est gris noir, il ne donne pas, sous l'action de l'acide chlorhydrique, d'hydrogène silicié spontanément inflammable, ce qui montre qu'il ne reste pas de siliciure $SiMg^2$.

La perte en magnésium pendant la dissociation comme l'analyse du produit lui-même permettent de lui attribuer la formule Si^2Mg^3.

Le tableau ci-dessous donne le détail des chiffres obtenus.

Ce siliciure Si^2Mg^3 commence à se décomposer vers 650°.

Il semble donc, d'après ces résultats, que le siliciure $SiMg^2$ obtenu par synthèse à 450° n'est pas stable au-dessus de 500°, qu'à 550° il donne par dissociation un siliciure gris noir de formule Si^2Mg^3, selon

$$2\,SiMg^2 \rightarrow Si^2Mg^3 + Mg.$$

Le domaine de stabilité de ce nouveau siliciure est assez restreint. Sa décomposition conduit-elle à SiMg ? Nous ne pourrions encore l'affirmer.

Température.	Temps de dissociation.	Poids de Si combiné.	Mg distillé.	Mg restant par différence.	Mg restant par analyse.		
550°C...	0	28 = 1 atome	0	47,6	47,6	$SiMg^2$	Silicium : 28; Magnésium : 48,7
» ...	2 heures	»	5,8	41,8	–		
» ...	4 »	»	8,0	39,6	–		
» ...	6 »	»	11,72	35,88	–		
» ...	8 »	»	11,75	35,85	36,1	Si^2Mg^3	Silicium : 28; Magnésium : 36,50

Une connaissance des chaleurs de formation de ces siliciures permettrait d'établir d'une façon précise leur stabilité relative.

Dans nos expériences nous avons eu soin de porter très rapidement le produit à décomposer à la température de dissociation, de même qu'à la sortie du four le tube à réaction était trempé à la température ordinaire pour éviter toute réaction secondaire, du genre de celle signalée par Wœbler, risquant de donner du silicium libre.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Influence dissymétrique exercée par un carbone asymétrique dans l'action d'un organomagnésien sur une fonction aldéhydique. Obtention d'un seul diastéréoisomère.* Note [1] de M. M. TIFFENEAU, Mlle JEANNE LÉVY et M. F. KAYSER, présentée par M. A. Béhal.

On sait que, dans l'action des dérivés organomagnésiens sur les composés cétoniques XX'CH.CO.R possédant un carbone asymétrique au voisinage immédiat du carbonyle, il ne se forme qu'un seul des deux diastéréoisomères possibles, XX'CH.C(OH)RR', l'autre, XX'CH.C(OH)R'R, pouvant lui-même s'obtenir d'une manière exclusive en intervertissant l'ordre d'introduction des deux radicaux R et R' [2].

On pouvait se demander si avec les aldéhydes possédant un carbone asymétrique au voisinage du CHO, l'action des organomagnésiens ne conduirait pas de même à un seul diastéréoisomère, l'autre devant pouvoir s'obtenir par hydrogénation de la cétone correspondante au moyen d'un composé organomagnésien réducteur ou par tout autre agent hydrogènant

$$\text{XX'CH.CHO} \xrightarrow{\text{BrMgR}} \text{XX'CH.CHOH(R)},$$
$$\text{XX'CH.CO.R} \xrightarrow{\text{H}^2} \text{XX'CH.CH(R)OH}.$$

Le doute était possible car on sait, d'une part, que l'hydrogénation du fructose fournit les deux hexites épimères, la mannite et la sorbite, et, d'autre part, que dans l'action de CNH (ou de HCHO) sur les divers pentoses ou hexoses [3] on obtient toujours en proportions variables les deux nitriles épimères (ou les polyols correspondants). On sait toutefois que dans l'action des organomagnésiens sur le glyoxal et sur le méthylglyoxal il ne se fait qu'un seul diastéréoisomère [4].

Nous avons entrepris l'étude de deux réactions analogues conduisant au triphényl-1.2.3-propanol-1 et, comme le montrent les expériences ci-

---

(1) Séance du 18 avril 1933.

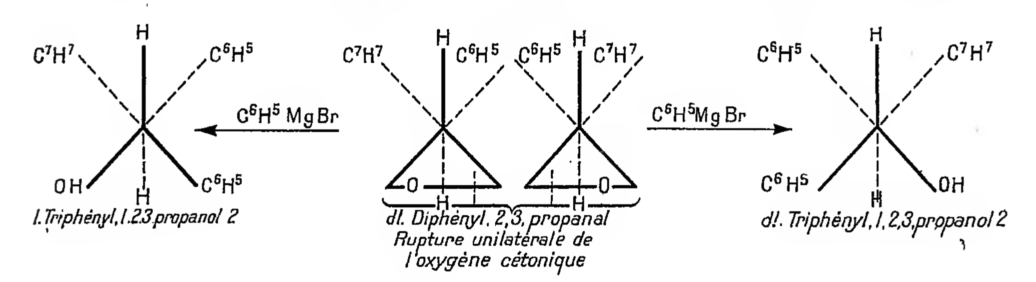
(2) Cette méthode a été appliquée à l'obtention d'un certain nombre de paires de diastéréoisomères soit dans la série des glycols (M. TIFFENEAU et JEANNE LÉVY, *Bull. Soc. chim.*, 37, 1925, p. 1427), soit dans celle des amino-alcools (TIFFENEAU, J. LÉVY et DITZ, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 57), soit enfin dans celle des alcools tertiaires (TIFFENEAU et JEANNE LÉVY, *Bull. Soc. chim.*, 45, 1923, p. 196).

(3) FISCHER, KILIANI, etc. Le mannose lui-même qui était considéré comme faisant exception donne deux acides mannoheptocarboniques; le deuxième, il est vrai, en faible proportion. PEIRCE, *J. Biol. chem.*, 23, p. 330.

(4) FISCHER et TAUBE, *D. ch. G.*, 59, 1926, p. 855 (méthylglyoxal); BUCK et IBE, *Am. chem. Soc.*, 54, 1932, p. 820 (glyoxal).

après, nous avons pu constater que l'on peut obtenir à volonté l'un ou l'autre des deux diastéréoisomères, l'un résultant de l'action du bromure de magnésium phényle sur le diphényl-2.3-propanal, l'autre provenant de la réduction de la benzyldésoxybenzoïne par l'amalgame de sodium, les magnésiens réducteurs essayés s'étant montrés, dans ce cas, sans action réductrice. Il restera à expliquer pourquoi dans ces deux réactions on n'obtient qu'un seul diastéréoisomère alors que dans diverses autres, notamment dans le domaine des sucres, on obtient les deux isomères.

1° *Action du bromure de magnésium phényle sur le d.l.diphényl-2.3-propanal.* —



Conduite dans les conditions habituelles, cette réaction fournit l'α *d.l.*triphényl-1.2.3-propanol-1, fusible à 92°, qui a été identifié avec l'alcool obtenu par l'un de nous dans l'action du chlorure de magnésium benzyle sur l'oxyde d'isostilbène [1].

Cette réaction peut, comme celles publiées antérieurement [2], être schématisée de la façon suivante, ce qui montre que la rupture de l'oxygène aldéhydique est nécessairement dissymétrique et se produit en sens inverse pour chacun des deux antipodes.

2° *Hydrogénation de la d.l.benzyldésoxybenzoïne.* — Cette hydrogénation a pu être réalisée péniblement par le sodium et plus avantageusement par HgNa. Dans les deux cas, on a obtenu un seul diastéréoisomère, le β *d.l.* triphényl-1.2.3-propanol-1, qui fond à 87° et qui est nettement différent du précédent; il a été identifié avec celui obtenu par l'un de nous (Kayser, *loc. cit.*) dans l'action du chlorure de magnésium benzyle sur l'oxyde de stilbène fusible à 69°.

Conclusions. — L'action du bromure de magnésium phényle sur le *d.l.* diphényl-2.3-propanal fournit un seul des deux triphényl-1.2.3-propanols-1 diastéréoisomères. L'autre diastéréoisomère s'obtient par hydrogénation de la benzyldésoxybenzoïne par l'amalgame de sodium.

---

(1) F. Kayser, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1127.

(2) Tiffeneau, Jeanne Lévy et Ditz, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 955; voir également J. Pascuale, *Ann. Soc. Esp. Phys. Chim.*, **26**, 1928, p. 221.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une transposition moléculaire accompagnant la déshydratation de l'alcool tétrahydrofurfurylique*. Note [1] de M. **R. Paul**, présentée par M. Matignon.

Dirigé sur de l'alumine chauffée à 370-380°, l'alcool tétrahydrofurfurylique est déshydraté en grande partie en donnant un liquide incolore, d'odeur pénétrante et bouillant à 86-87° sous la pression atmosphérique. L'examen de ses constantes et les essais qui suivent font considérer ce corps comme le dihydropyrane :

$$CH^2\left\langle\begin{matrix} CH = CH \\ CH^2 - CH^2 \end{matrix}\right\rangle O.$$

Sa densité $D_{15}^{19} = 0{,}922$ et son indice de réfraction $n_D^{19} = 1{,}4402$ lui assignent une réfraction moléculaire de 24,02, le calcul indiquant 24,26.

En présence de 1^g de noir de platine, 22^g de ce corps ont fixé 5750^{cm^3} d'hydrogène, la théorie exigeant 5866^{cm^3}. Il se forme un éther-oxyde saturé bouillant à 87-88° : c'est l'époxypentane-1-5 :

$$CH^2\left\langle\begin{matrix} CH^2 - CH^2 \\ CH^2 - CH^2 \end{matrix}\right\rangle O.$$

$D_{15}^{17} = 0{,}884$; $n_D^{17} = 1{,}42215$; R. M. = 24,72, trouvé; R. M. = 24,73, calculé.

Sous l'action de l'acide bromhydrique, il donne en effet le dibromopentane-1.5, bouillant sans décomposition à 222-223° sous 766^{mm} :

$$D_{15}^{16} = 1{,}703, \quad n_D^{16} = 1{,}5134.$$

Si la déshydratation ne s'était faite sans migration du lien oxydique, on aurait dû obtenir l'époxy-1.4-pentène.4

$$\underbrace{CH^2-(CH^2)^2-C}_{O}=CH^2$$

que le traitement précédent aurait transformé en dibromopentane-1.4, bouillant, non sans décomposition, à 197-199° sous la même pression.

Pour caractériser plus sûrement le dibromure obtenu, on l'a condensé avec l'aniline; l'amine tertiaire qui prend ainsi naissance bout à 256-257° :

---

(1) Séance du 1er mai 1933.

c'est le point d'ébullition indiqué par von Braun pour la phénylpipéridine [1].

Son chloroplatinate cristallise avec deux molécules d'eau et se décompose en noircissant entre 186° et 190°, ainsi que l'a indiqué le chimiste allemand. Sa combinaison avec l'acide picrique n'a pu être obtenue parfaitement pure; elle fondait à 138-139°.

La méthylphénylpyrrolidine, correspondant au dibromopentane.1-4, donne au contraire un chloroplatinate cristallisant anhydre et un picrate [2] fondant à 105°.

On a d'ailleurs préparé l'époxy-1.4-pentène-4 en traitant le bromure de tétrahydrofurfuryle par la potasse sèche :

$$\underbrace{CH^2-(CH^2)^2CH}_{O}-CH^2Br+HOK \rightarrow BrK+H^2O+\underbrace{CH^2-(CH^2)^2-C}_{O}=CH^2$$

C'est un liquide incolore et mobile, bouillant à 82-83° sous la pression normale

$D_{15}^{15}=0,907$; $n_D^{16}=1,43356$; R. M. = 24,11 trouvé; R. M. = 24,26 calculé.

Très instable, il s'altère pendant la rectification; il s'hydrolyse facilement à froid en donnant l'alcool acétopropylique :

$$\underbrace{CH-(CH^2)^2-C}_{O}=CH^2 + HOH \rightarrow HO-CH^2-(CH^2)^2-CO-CH^3.$$

l'alcool acétopropylique a été identifié par ses constantes

$D_{15}^{17}=1,007$; $n_D^{17}=1,4436$, R. M. = 26,87 trouvé; R. M. = 26,83 calculé

et sa semicarbazone fusible à 155-157°. (N pour 100, trouvé, 26,67; calculé, 26,41.)

Le dihydropyrane, au contraire, s'hydrolyse très lentement, même à chaud. L'huile, obtenue en saturant la liqueur de carbonate de potassium, ne donne pas de semicarbazone cristallisable et ne distille pas sans décomposition. Elle colore rapidement en violet intense le réactif de Schiff, alors que l'alcool acétopropylique ne donne que très lentement une coloration rose pâle. C'est vraisemblablement le pentanol-1-*al*-5

$$CH^2\left\langle\begin{matrix}CH=CH\\CH^2-CH^2\end{matrix}\right\rangle O + H-OH \rightarrow HO-CH^2-(CH^2)^2-CH^2-CHO.$$

---

(1) Von Braun, *Ber. d. chem. Ges.*, 37, 1904, p. 3212.
(2) Scholtz et Friehmehlt, *Ber. d. chem. Ges.*, 22, 1899, p. 848.

La transposition précédente

$$\underbrace{CH^2-(CH^2)^2-CH}_{O}-CH^2OH \xrightarrow{Al^2O^3} H^2O + \underbrace{CH^2-(CH^2)^2-CH=CH}_{O}$$

doit être rapprochée des migrations récemment observées par Mme Ramart et Mlle Amagat dans la déshydratation des diaryl et des dialcoyléthanols [1] :

$$\begin{matrix}R\\R\end{matrix}\!\!>CH-CH^2OH \xrightarrow{Al^2O^3} H^2O + R-CH=CH-R;$$

ainsi que de la déshydratation du cyclobutylcarbinol conduisant au cyclopentène [2] :

$$CH^2\!<\!\begin{matrix}CH^2\\CH^2\end{matrix}\!>\!CH-CH^2OH \xrightarrow{Al^2O^3} CH^2\!<\!\begin{matrix}CH^2-CH\\ \parallel\\ CH^2-CH\end{matrix} + H^2O.$$

Il semble que tous ces exemples puissent se traduire par le schéma très général :

$$>CH-CH^2OH \rightarrow H^2O + -CH=CH-$$

représentant ce que l'on pourrait appeler la *transposition méthylénique*.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la synthèse des dérivés chlorométhylés du para-bromo-anisol et des nitro-anisols.* Note de M. **Raymond Quelet**, présentée par M. Delépine.

J'ai indiqué [3] une méthode permettant d'introduire directement le radical CH^2Cl dans le noyau du para-bromo-anisol. Elle consiste à traiter cet éther-oxyde par le produit brut résultant de la saturation par ClH sec d'une suspension de trioxyméthylène et de chlorure de zinc dans l'essence de pétrole. La condensation s'effectue à la température ordinaire, sous l'influence du chlorure de zinc, elle fournit le méthoxy-2-bromo-5-α-chlorotoluène avec un rendement voisin de 50 pour 100.

En étudiant l'action de l'acide chlorhydrique sur le trioxyméthylène en présence de chlorure de zinc, j'ai reconnu que le réactif mis en œuvre dans

(1) Mme Ramart et Mlle Amagat, *Ann. de Chim.*, 10e série, 8, 1927, p. 263.

(2) Dojarenko, *Ber. d. chem. Ges.*, 60, 1927, p. 1536.

(3) R. Quelet, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 155.

la préparation précédente était constitué surtout par de l'oxyde de méthyle dichloré (60 pour 100 environ) et par du formal diméthylique dichloré (23 pour 100). Aussi, dans l'espoir d'améliorer le rendement en dérivé chloré, j'ai effectué la condensation de l'oxyde de méthyle dichloré pur avec le para-bromo-anisol en présence de chlorure de zinc; parallèlement j'ai opéré avec l'oxyde d'éthyle et chlorométhyle, beaucoup plus facile à préparer que l'éther diméthylique dichloré et doué de propriétés analogues.

Dans les deux cas, la condensation effectuée à la température ordinaire fournit le méthoxy-2-bromo-5-α-chlorotoluène avec un rendement maximum de 45 pour 100. Elle est plus rapide avec l'oxyde de méthyle et de chlorométhyle qu'avec l'oxyde de méthyle dichloré, mais elle donne, par contre, une plus forte proportion de diméthoxy-2.2'-dibromo-5.5'-diphénylméthane.

Étendant ensuite ces réactions aux nitranisols, j'ai obtenu les résultats suivants. Les nitranisols ne réagissent pas, à froid, avec les éthers-oxydes de l'acool chlorométhylique sous l'influence du chlorure de zinc. Avec l'orthonitranisol, la réaction commence à s'effectuer avec une vitesse appréciable à partir de 40°; elle est très rapide à 70° et fournit le dérivé chlorométhylé avec un excellent rendement.

Le paranitranisol réagit plus lentement, mais, néanmoins, donne lieu à la condensation cherchée au voisinage de 75°. Par contre, l'isomère méta qui n'est attaqué que très lentement ne donne, après plusieurs heures de chauffage, qu'un faible rendement en dérivé chlorométhylé.

Le remplacement du chlorure de zinc par le chlorure stannique provoque entre l'orthonitranisol et les éthers-oxydes chlorométhyliques une vive réaction avec un abondant dégagement d'acide chlorhydrique. On obtient presque quantitativement le diméthoxy-4.4'-dinitro-3.3'-diphénylméthane (II). Dans les mêmes conditions, avec le paranitranisol, on aboutit au dérivé chlorométhylé; le métal ne fournit guère que des résines insolubles.

Quel que soit l'isomère envisagé, la méthode de choix pour réaliser la synthèse des dérivés chlorométhylés des nitranisols consiste à utiliser le mode opératoire mis au point par Blanc [1] dans le cas de la synthèse des homologues du chlorure de benzyle.

Ainsi, en saturant par ClH sec une suspension de trioxyméthylène et de chlorure de zinc dans l'orthonitranisol, on obtient, avec un rendement de

---

(1) Blanc, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 33, 1923, p. 313.

80 pour 100, le méthoxy-4-nitro-3-α-chlorotoluène (I) (aiguilles soyeuses presque incolores, F. : 86°), déjà obtenu par Jacobs et Heidelberger [1]. En même temps, il se forme une faible proportion de diméthoxy-4.4'-dinitro-3.3'-diphénylméthane (II) (paillettes jaunes, F. : 168°) qui, par oxydation chromique, a pu être transformé en diméthoxy-4.4'-dinitro-3.3'-benzophénone (aiguilles jaune pâle, F. : 190°).

CH^3Cl — NO^2 — O—CH^3 (I).

NO^2 — CH^3O — CH^2 — NO^2 — OCH^3 (II).

A partir du paranitranisol on prépare de la même façon, avec un rendement de 70 pour 100, le méthoxy-2-nitro-5-α-chlorotoluène (V) (prismes jaune pâle, F. : 80°) qui peut s'obtenir aussi par action de l'acide chlorhydrique sur l'alcool méthoxy-2-nitro-5-benzylique d'après Jacobs et Heidelberger. Le métanitranisol permet, enfin, d'obtenir avec un faible rendement le méthoxy-2-nitro-4-α-chlorotoluène (VI) (aiguilles, F. : 90°) lequel, oxydé, donne l'acide méthoxy-2-nitro-4-benzoïque (VII) fondant à 147° [2].

CH^2Cl — OCH^3 — NO^2 (V).

CH^2Cl — OCH^3 — NO^2 (VI). —oxydation→ $COOH$ — OCH^3 — NO^2 (VII).

En résumé, le parabromoanisol, les ortho et paranitranisols se prêtent d'une façon remarquable à la réaction de Blanc; par contre, l'isomère métanitré ne donne que difficilement un dérivé chlorométhylé.

Dans tous les cas, le groupement CH^2Cl s'introduit en para ou en ortho par rapport à la fonction oxyde phénolique et le plus loin possible du radical NO^2. C'est donc $O—CH^3$ qui induit l'ionisation du noyau; NO intervient en diminuant la mobilité des hydrogènes substituables.

---

(1) Jacobs et Heidelberger, *Journ. of Biol. Chem.*, 20, 1915, p. 659.

(2) Simonsen et Rau, *J. Chem. Soc.*, 111, 1917, p. 220.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Généralisation de la méthode de condensation des cétones par les composès aminomagnésiens mixtes.* Note [1] de M. **J. Colonge**, transmise par M. V. Grignard.

Dans une précédente Note [2], V. Grignard et l'auteur avaient montré que les composés aminomagnésiens mixtes, tels que $C^6H^5NHMgBr$ et $C^6H^5-N(CH^3)MgBr$, étaient capables de fournir, par action sur les cétones aliphatiques comme la diéthylcétone, la méthylisopropylcétone et la pinacoline, les cétols correspondants, avec d'excellents rendements.

En appliquant cette réaction à des cétones aliphatiques, à chaînes plus ou moins ramifiées, on arrive à la conclusion suivante : *la formation du cétol a lieu*, pratiquement, *dans tous les cas où il existe au moins trois atomes d'hydrogène au voisinage immédiat de la fonction cétone.*

C'est ainsi que la méthyl-3 éthyl-3 pentanone-2 et la méthyl-4 hexanone-3 sont facilement condensées, tandis que la diméthyl-2-2 pentanone-3 et la diméthyl-2-4 pentanone-3 ne donnent que de faibles quantités de produits de condensation.

En série cyclanique où, jusqu'à présent, aucun cétol de duplication n'était décrit, les composés aminomagnésiens mixtes se sont montrés aptes à former les cétols de la cyclopentanone et de la cyclohexanone.

Enfin, parmi les cétones arylaliphatiques où, là encore, aucun cétol n'était connu, le cétol de l'acétophénone a pu être facilement préparé.

Le mode opératoire utilisé a déjà été décrit [2]. Pour isoler certains cétols non distillables sans décomposition, sous des pressions de 2 à 3^{mm}, parce que déshydratables, comme celui de la méthylnonylcétone, ou redécomposés en leurs constituants, comme celui de l'acétophénone, il suffit de chasser, sous un bon vide, la cétone non transformée, puis d'abandonner à la cristallisation le cétol résiduaire; une purification dans un solvant convenable permet ensuite d'avoir le cétol pur.

Voici quelques composés nouveaux obtenus en utilisant, comme agent de condensation, le dérivé bromomagnésien de la méthylaniline :

1° Avec la méthylnonylcétone, on obtient la *méthyl*-10 *heneicosanolone*-10-12, matière cireuse blanche fondant à 23°; rendement 70 pour 100.

---

(1) Séance du 1er mai 1933.

(2) V. Grignard et J. Colonge, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 929.

Analyse.

Trouvé pour 100..................... $C = 77,5$ $H = 13,1$
Calculé pour $C^{22}H^{44}O^2$............... $C = 77,64$ $H = 12,94$

2° Avec la méthyl-3 éthyl-3 pentanone-2, on a la *triméthyl*-3-4-7 *diéthyl*-3-7 *nonanolone*-4-6; rendement 61 pour 100; liquide incolore visqueux, bouillant à 135-136°, sous 6^{mm}.

Trouvé pour 100..................... $C = 74,8$ $H = 12,75$
Calculé pour $C^{16}A^{32}O^2$............... $C = 75$ $H = 12,5$

$d_4^{18} = 0,922$, $n_D^{18} = 1,4625$.

3° La cyclopentanone donne, avec un rendement de 40 pour 100, la *cyclopentylol*-1′ *cyclopentanone*-2, bouillant à 98-99°, sous 3^{mm}, et fondant à 31°.

Trouvé pour 100..................... $C = 71,3$ $H = 9,8$
Calculé pour $C^{10}H^{16}O^2$............... $C = 71,42$ $H = 9,52$

$d_4^{33} = 1,054$, $n_D^{33} = 1,4950$.

Le rendement en cétol est diminué par suite de la formation de *di-cyclopentylidène cyclopentanone*, déjà connue, fondant à 75°.
L'oxime de ce cétol fond à 78° (de l'éther de pétrole, 60-70°).

Trouvé pour 100................................. $N = 7,89$
Calculé pour $C^{10}H^{17}O^2N$......................... $N = 7,65$

4° La cyclohexanone fournit la *cyclohexylol*-1′ *cyclohexanone*-2, rendement 50 pour 100; bout à 116-119° sous 5^{mm}, cristallise en aiguilles (de l'éther de pétrole 60-70°), fondant à 56°.

Trouvé pour 100..................... $C = 73,5$ $H = 10,5$
Calculé pour $C^{12}H^{20}O^2$............... $C = 73,46$ $H = 10,20$

L'oxime de ce cétol forme des aiguilles feutrées (de l'éther de pétrole 60-70°) fondant à 113° :

Trouvé pour 100................................. $N = 6,70$
Calculé pour $C^{12}H^{21}O^2N$......................... $N = 6,62$

5° L'acétophénone conduit à la *diphényl*-2-4 *butanolone*-2-4, cristaux grenus fondant à 63° :

Trouvé pour 100..................... $C = 79,6$ $H = 7,1$
Calculé pour $C^{16}H^{16}O^2$............... $C = 80$ $H = 6,66$

6° Enfin il est possible de réaliser des condensations mixtes comme la suivante : on fait agir une molécule d'une cétone ne possédant pas d'hy-

drogène au voisinage immédiat de la fonction cétone (benzophénone), sur une molécule du dérivé bromomagnésien de la méthylaniline; le complexe ainsi formé est traité par une molécule d'une autre cétone (pinacoline). Après traitement convenable, on isole un composé cristallisé incolore, fondant, après purification dans l'alcool méthylique, à 102°. La composition centésimale et le poids moléculaire montrent qu'on est bien en présence de la *diméthyl-4-4 diphényl-1-1 pentanolone-1-3*.

$$\begin{matrix} C^6H^5 \\ C^6H^5 \end{matrix}\!\!>C(OH)-CH^2-CO-C(CH^3)^3.$$

Trouvé pour 100......................	C = 80,7	H = 8,0
Calculé pour $C^{19}H^{22}O^2$................	C = 80,85	H = 7,8

Poids moléculaire (cryoscopie dans le benzène) : trouvé, 274; calculé, 282

Cette condensation mixte, qui se fait avec un rendement de 35 pour 100 en produit pur, constitue la preuve expérimentale du mécanisme antérieurement admis par V. Grignard et J. Colonge [1].

Nous nous réservons de continuer l'étude de cette importante méthode de condensation sur des mélanges de cétones, ainsi que sur des aldéhydes, seuls ou en présence de cétones.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Action comparée de l'acide periodique sur les acides glycérophosphoriques α et β.* Note de MM. **Paul Fleury** et **Raoul Paris**, présentée par M. A. Desgrez.

L'un de nous, avec J. Lange (*Comptes rendus* 195, 1932, p. 1395), a montré que l'oxydation par l'acide periodique d'un corps possédant plusieurs fonctions alcooliques n'avait lieu que dans le cas où les atomes de carbone porteurs de ces fonctions étaient contigus (glycol α). On sait, comme Malaprade l'a montré, que conformément à cette règle, le glycérol est décomposé par l'acide periodique en deux molécules de formol et une molécule d'acide formique. Nous nous sommes demandé si l'éthérification d'une des fonctions alcool du glycérol par l'acide phosphorique modifierait cette réaction. *A priori*, l'acide β-glycérophosphorique, dans lequel la fonction alcool secondaire est éthérifiée, ne présentant plus de fonctions alcooliques libres en contiguïté, devait résister à l'action de l'acide periodique.

---

[1] *Loc. cit.*

Par contre, son isomère α, où l'éthérification de l'une des fonctions alcool primaire laisse subsister une fonction glycol α, devrait être oxydé par ce réactif.

Or, si l'on fait agir dans des conditions semblables un excès d'acide periodique, d'une part, sur une solution convenablement acidifiée d'α-glycérophosphate de sodium et, de l'autre, sur une solution de sel sodique de l'isomère β, on constate que, à la température du laboratoire, l'acide periodique oxyde complètement, en quelques minutes (10 minutes au maximum à 20-22°) le dérivé α, tandis qu'il n'a aucune action appréciable sur le dérivé β, même au bout de 24 heures.

La quantité d'acide periodique réduit en acide iodique correspond à la disparition de 1 atome (en réalité $0^{at},98$) d'oxygène par molécule d'acide α-glycérophosphorique.

En traitant, dans des conditions convenables, le produit de la réaction de l'acide periodique sur l'acide α-glycérophosphorique, par la méthode (diméthyldihydrorésorcine), on obtient un précipité de méthylène-diméthone caractéristique du formol. Le poids du précipité obtenu correspond à la formation de $0^{mol},84$ d'aldéhyde formique pour une molécule d'acide α mis en œuvre. Si l'on remarque que, dans nos études précédentes, le rendement en formol dosé par cette méthode oscille constamment autour de 85 pour 100 de sa valeur théorique, on peut admettre que la réaction de l'acide periodique sur l'acide α-glycérophosphorique donne lieu à la formation de 1 molécule de formol par molécule d'acide α.

Si, de plus, on détermine, selon la technique établie antérieurement, le pouvoir mercurico-réducteur des solutions après attaque par l'acide periodique, on obtient des résultats qui, exprimés en formol, représenteraient près de 2 molécules ($1^{mol},96$). Il faut donc admettre, à côté du formol, dont la quantité déterminée au dimédon n'excède certainement pas une molécule, l'existence d'un autre corps mercurico-réducteur : ce corps posséderait probablement une fonction aldéhydique, par analogie avec ce que l'un de nous (avec J. Lange) a établi pour l'acide tartrique qui est scindé par l'acide periodique en 2 molécules d'acide glyoxylique.

L'équation suivante permet de traduire les faits ainsi établis :

$$\underset{\text{Acide } \alpha\text{-glycérophosphorique}}{CH^2OH - CHOH - CH^2 - O - PO - (OH)^2} + O$$
$$= HCHO + (OH)^2OP - OCH^2 - CHO + H^2O$$

Le produit aldéhydique, qui, d'après cette équation, devrait se former à

côté du formol, serait donc l'éther phosphorique de l'aldéhyde glycolique $CH^2OH - CHO$.

Nous avons tenté l'isolement de ce corps. On débarrasse de l'acide periodique en excès et de l'acide iodique, la solution provenant de la réaction de l'acide periodique sur l'acide α; on la neutralise à la phtaléine par l'eau de baryte et l'on y ajoute son volume d'alcool à 96-97°. On obtient ainsi un précipité gélatineux qui, après dessiccation à froid dans le vide, se présente sous forme d'un produit blanc, amorphe. Il est devenu insoluble dans l'eau ainsi que dans les autres solvants neutres utilisés, mais il se dissout facilement dans les acides étendus (acide nitrique, par exemple).

Il contient du carbone, du phosphore à l'état organique et du baryum. La solution obtenue après élimination du baryum par la quantité strictement nécessaire d'acide sulfurique se conduit, lorsqu'on la neutralise progressivement par la soude en présence d'hélianthine et de phtaléine, exactement comme une solution d'acide phosphorique (ou glycérophosphorique). Cette expérience révèle dans ce corps l'existence de deux fonctions acides analogues à celles de l'acide phosphorique.

Cette même solution recolore la fuchsine décolorée par l'acide sulfureux, réduit énergiquement à froid la solution alcaline d'iodomercurate de potassium et est régulièrement oxydable par l'iode en milieu alcalinisé par le carbonate de sodium. Ces propriétés s'accordent avec l'existence dans le corps étudié d'une fonction aldéhydique.

Enfin si l'on calcule le poids moléculaire de ce corps en partant des diverses données (teneur en baryum, teneur en phosphore, dosage acidimétrique, dosage iodométrique) on trouve des valeurs qui vont de 308 à 322 avec une moyenne de 316. Le poids moléculaire du sel de baryum de l'éther phosphorique de l'aldéhyde glycolique calculé à partir de la formule $CHO - CH^2 - O - PO^3Ba$ est de 275. Si on le suppose hydraté, le calcul donne pour 2^{mol} d'eau 311 et pour $2^{mol},5$ d'eau 319. On peut donc considérer comme exacte, avec une grande probabilité, l'équation donnée plus haut.

L'action de l'acide periodique sur l'acide α-glycérophosphorique est très régulière et nullement perturbée par la présence de l'acide β-glycérophosphorique. Nous l'avons utilisée facilement pour le dosage de l'acide α en présence de son isomère β.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les chlorures d'acides alcoylsulfureux.* Note de MM. **P. Carré** et **D. Libermann**, présentée par M. G. Urbain.

Un petit nombre de chlorures d'acides alcoylsulfureux, ou chlorosulfites d'alcoyle, R.OSOCl, ont été préparés jusqu'à présent, soit par l'action directe du chlorure de thionyle sur les alcools, soit par l'action du pentachlorure de phosphore sur les sulfites neutres d'alcoyle. Nous avons déjà montré ([1]) que la seconde méthode n'est pas toujours applicable.

La réaction du chlorure de thionyle sur les alcools primaires permet d'obtenir la plupart des chlorosulfites d'alcoyle primaire, sauf ceux qui correspondent à l'acool allylique et aux alcools de la série benzylique, ces derniers alcools se trouvant transformés en chlorures correspondants. Les rendements obtenus dans cette réaction par Stähler et Schirm ([2]), et par Voss et Blanke ([3]) sont assez différents; ce fait tient à ce que la réaction du chlorure de thionyle sur un alcool primaire n'est pas aussi simple que la réaction (1) envisagée jusqu'à présent,

$$(1) \qquad R.CH^2OH + SOCl^2 = R.CH^2OSOCl + HCl.$$

Dans la réaction du chlorure de thionyle sur un alcool primaire, il se produit en outre les réactions (2) et (3),

$$(2) \qquad R.CH^2OSOCl + R.CH^2OH = SO(OCH^2R)^2 + HCl$$

$$(3) \qquad SO(OCH^2R)^2 + SOCl^2 = 2R.CH^2OSOCl.$$

Les réactions (1) et (2) étant plus rapides que la réaction (3), le rendement en chlorosulfite dépend du temps de contact des réactifs.

Si l'on ajoute progressivement une molécule d'alcool absolu à 1,15 molécules de chlorure de thionyle, puis que l'on abandonne 48 heures à la température ordinaire, on obtient le chlorosulfite d'éthyle avec un rendement de 95 pour 100 du rendement théorique, par rapport à l'alcool mis en jeu.

On obtient de même, avec un excellent rendement, les chlorosulfites de méthyle, de *n*-propyle, d'isobutyle et d'isoamyle, déjà connus. Nous avons en outre préparé les *chlorosulfites;* de *n-butyle* $CH^3.CH^2.CH^2.CH^2OSOCl$, liquide distillant à 88° sous 45^{mm}, plus stable que le chlorosulfite d'éthyle; de β-*chloréthyle* $ClCH^2.CH^2OSOCl$,

---

([1]) P. Carré et D. Libermann, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1080.
([2]) Stähler et Schirm, *Ber. d. deutsch. ch. Ges.*, 44, 1911, p. 319.
([3]) Voss et Blanke, *Ann. Chem.*, 485, 1931, p. 258.

liquide distillant à 100-101° sous 300mm; de *n-heptyle* $CH^3.(CH^2)^5.CH^2OSOCl$, et de *n-décyle* $CH^3.(CH^2)^8.CH^2OSOCl$, liquides qui ne peuvent être distillés dans le vide sans décomposition et qui ont été caractérisés respectivement par leurs transformations en *sulfites mixtes*, d'*heptyle et de n-propyle* $SO(OC^3H^7)(OC^7H^{15})$, liquide distillant à 148-150° sous 18mm, et de *n-décyle et d'éthyle* $SO(OC^2H^5)(OC^{10}H^{21})$, liquide distillant à 188-190° sous 30mm.

Les chlorosulfites d'alcoyle secondaire ou tertiaire ne peuvent être préparés par l'action du chlorure de thionyle sur les alcools correspondants.

Voss et Blanke [1] disent avoir obtenu le chlorosulfite d'isopropyle avec un rendement de 47 pour 100 du rendement théorique par l'action du chlorure de thionyle sur l'alcool isopropylique. Nous n'avons pu reproduire ce résultat. La réaction du chlorure de thionyle sur l'alcool isopropylique, vers 0°, nous a donné principalement, du chlorure d'isopropyle et du propylène, en partie polymérisé, avec une faible quantité (7 à 8 pour 100) de sulfite neutre d'isopropyle; la fraction qui distille entre 40 et 60° sous 30mm dégage une faible quantité de gaz sulfureux quand on la traite par l'eau, ce qui paraît indiquer la présence du chlorosulfite d'isopropyle, mais il nous a été impossible d'isoler une quantité appréciable de ce dernier à l'état de pureté.

L'alcool butylique secondaire et l'alcool octylique secondaire (octanol-2) se comportent d'une manière analogue, le cyclohexanol fournit presque quantitativement le cyclohexène, le méthylphénylcarbinol donne à peu près uniquement le chlorure correspondant. L'alcool butylique tertiaire est transformé en chlorure de butyle tertiaire.

Les chlorosulfites d'alcoyle secondaire s'obtiennent facilement par l'action du chlorure de thionyle sur les sulfites neutres d'alcoyle correspondants :

$$SO(OR)^2 + SOCl^2 = 2ROSOCl.$$

On laisse 48 heures en contact, à la température ordinaire, les substances réagissantes dissoutes dans 5 fois leur poids d'éther anhydre, puis on distille dans le vide.

C'est ainsi que l'on obtient, avec des rendements presque quantitatifs, les *chlorosulfites*, d'*isopropyle* $(CH^3)^2CHOSOCl$, liquide distillant à 71-73° sous 75mm; de *butyle secondaire* $(C^2H^5)(CH^3)CHOSOCl$, liquide distillant à 75-77° sous 60mm; et de *cyclohexyle* $C^6H^{11}OSOCl$, non distillable sans décomposition, et qui a été caractérisé par sa transformation en *sulfite mixte de cyclohexyle et de n-propyle* $SO(OC^6H^{11})(OC^3H^7)$, liquide distillant à 175-178° sous 60mm.

Ces chlorosulfites d'alcoyle secondaire sont moins stables que les chlorosulfites d'alcoyle primaire.

Les chlorosulfites correspondant aux alcools allylique, benzylique, et butylique tertiaire ont pu être obtenus par la réaction du chlorure de thio-

(1) *Loc. cit.*

nyle sur un sulfite mixte contenant l'un de ces radicaux alcooliques. Il se forme un mélange de deux chlorosulfites :

$$SO(OR)(OR') + SOCl^2 = R.OSOCl + R'.OSOCl$$

qui peuvent être séparés par distillation si l'on choisit convenablement les radicaux R et R'. Nous nous sommes adressés dans ce cas aux sulfites mixtes parce que la préparation des sulfites mixtes d'alcoyle et d'allyle (ou de benzyle ou de butyle tertiaire) est plus facile que celle des sulfites neutres d'allyle, de benzyle ou de butyle tertiaire.

Nous avons ainsi préparé les *chlorosulfites : d'allyle* $CH^2 = CH - CH^2 - OSOCl$, liquide distillant à 32° sous 40mm; *de benzyle* $C^6H^5.CH^2.OSOCl$, liquide non distillable, qui a été caractérisé par sa transformation en *sulfite mixte de benzyle et de méthyle* $SO(OCH^2.C^6H^5)(OCH^3)$, liquide distillant à 137-138° sous 18mm ; *de butyle tertiaire* $(CH^3)^3C.OSOCl$, liquide instable, caractérisé par sa transformation en *sulfite mixte de butyle tertiaire et de n-propyle* $SO[O.C(CH^3)^3](OC^3H^7)$, liquide distillant à 99-100° sous 30mm.

En résumé, les meilleures préparations des chlorosulfites d'alcoyle sont : pour les chlorosulfites d'alcoyle primaire, la réaction du chlorure de thionyle sur les alcools (sauf les alcools allylique et benzylique), en ayant soin de laisser les substances réagissantes en contact un temps suffisant pour permettre au chlorure de thionyle de transformer en chlorosulfite le sulfite neutre qui se forme d'abord en même temps que le chlorosulfite; pour les chlorosulfites d'alcoyle secondaire ou tertiaire, d'allyle et de benzyle, la réaction du chlorure de thionyle sur un sulfite neutre d'alcoyle symétrique ou dissymétrique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une association moléculaire pyridine-iode.* Note de M. M. Chatelet, présentée par M. G. Urbain.

La pyridine pure anhydre peut dissoudre de grandes quantités d'iode en donnant des solutions dont la couleur varie, suivant la concentration, du jaune clair au brun foncé. Dans de telles solutions, il n'est pas possible de doser directement l'iode par le thiosulfate de sodium, car ce réactif ne permet pas de doser l'iode en milieu alcalin. Le dosage se fait aisément en ajoutant à la solution de l'acide acétique jusqu'à réaction franchement acide et en diluant avec de l'alcool pour les solutions très concentrées.

Lorsque, à la température ordinaire, on laisse s'évaporer à l'air libre,

des solutions concentrées d'iode dans la pyridine, l'expérience montre que, tout au moins dans les premiers temps, il ne part que de la pyridine et le solide qui cristallise dans ces conditions est non pas de l'iode comme on pourrait s'y attendre mais des cristaux jaune clair qui, observés au microscope, se présentent sous forme de longues aiguilles transparentes. La durée de vie de ces cristaux est malheureusement, dans les conditions ordinaires de température, extrêmement courte. Les microphotographies montrent en effet que déjà au bout de cinq minutes les aiguilles transparentes sont en grande partie remplacées par des amas de microcristaux d'iode. Le fait que la décomposition du produit qui cristallise en aiguilles commence 1 ou 2 minutes au plus après la formation des cristaux interdit de l'isoler en vue d'une analyse. J'ai pu, malgré cette difficulté, déterminer la composition de ces cristaux en étudiant la vitesse d'évaporation à l'air libre d'une solution concentrée d'iode dans la pyridine. Pour chacune de ces expériences, on peut construire une courbe en portant en abscisses les temps et en ordonnées les poids de la solution. Le tableau ci-dessous donne les résultats d'une de ces expériences :

Solution initiale (iode 19^{mg}; pyridine 38^{mg}).

Temps.	Poids.	Temps.	Poids.
	mg		mg
0	57	8 minutes	38
1 minute	54,5	9 »	35,5
2 minutes	53	10 »	33
3 »	50	11 »	31
4 »	48	12 »	31
5 »	45,5	13 »	30
6 »	43	14 »	28
7 »	40,5	15 »	26

Poids d'iode dosé dans le résidu $= 18^{mg},8$.

La courbe masse-temps présente un palier correspondant à la composition

$$\text{Iode} = 19^{mg}, \qquad \text{Pyridine} = 31 - 19 = 12^{mg},$$

ce qui assigne aux cristaux le pourcentage

$$\text{Iode} = 61,3, \qquad \text{Pyridine} = 38,7.$$

Toutes les expériences donnent le même résultat et la formule I Py correspond comme pourcentage à

$$\text{Iode} = 61,6, \qquad \text{Pyridine} = 38,4.$$

L'accord est aussi bon qu'on peut l'espérer dans des mesures de ce genre. Naturellement, il est impossible de déterminer la masse moléculaire réelle

du composé, mais, étant donné que les solutions d'iode dans la pyridine présentent tous les caractères de solutions d'iode libre, j'estime qu'il est légitime d'admettre que dans l'association qui se forme l'iode garde sa forme moléculaire normale. Dans ces conditions, la formule du composé obtenu serait donc

$$I^2(C^6H^5N)^2.$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'altération de l'huile de ricin par chauffage.* Note de Mlle **Madeleine Roy**, présentée par M. Delépine.

1. Un chauffage prolongé de l'huile de ricin au contact de l'air entraîne un accroissement régulier de densité, de viscosité, d'indice de réfraction, de poids moléculaire, dont la valeur augmente avec la température et la durée de chauffage et qui indique une condensation moléculaire progressive de l'huile de ricin. Cette condensation ne peut pas être considérée comme une simple polymérisation en raison de l'accroissement d'acidité et de la diminution d'indice d'iode dont elle s'accompagne; la diminution de l'indice d'iode, liée à la disparition des liaisons éthyléniques, semble pouvoir s'interpréter par une fixation d'oxygène avec formation d'aldéhyde et d'acide, ce qui entraîne un accroissement d'acidité. Dans ces conditions, il nous a paru intéressant d'examiner l'influence de l'oxygène sur l'altération qu'éprouve l'huile de ricin par chauffage.

2. Nous avons chauffé l'huile de ricin à 140°, pendant 190 heures : 1° dans le vide (avant l'expérience le vide avait été maintenu pendant 72 heures au-dessus de l'huile afin d'éliminer tous les gaz dissous); 2° dans une atmosphère d'azote sous la pression atmosphérique; 3° dans une atmosphère d'air sous la même pression; 4° dans une atmosphère d'oxygène toujours sous la même pression. Toutes nos expériences ont porté sur l'huile de ricin couramment employée en aviation pour le graissage des moteurs. Le tableau suivant nous donne pour ces échantillons les valeurs de la densité d à 26°, la viscosité η à 26°, l'indice de réfraction n à 18°, l'indice d'acide I_a et l'indice d'iode I_i.

	Huile non vieillie.	Huile vieillie dans			
		le vide.	l'azote.	l'air.	l'oxygène.
d	0,955	0,956	0,957	0,966	0,971
η	5,76	5,86	6,21	6,84	9,72
n	1,4781	1,4784	1,4786	1,4790	1,4803
I_a	2,60	5	3,8	5,25	6,95
I_i	84,9	80,9	81	78,5	70,3

Tandis que les constantes physicochimiques relatives à l'huile chauffée dans le vide ou dans une atmosphère d'azote sont à peu près identiques à celles de l'huile non chauffée, l'écart est beaucoup plus grand pour l'huile chauffée dans l'air, et plus encore pour l'huile chauffée dans l'oxygène

Ces expériences établissent l'importance du rôle joué par l'oxygène dans l'altération qu'éprouve à chaud l'huile de ricin. Lorsque le chauffage se produit en présence d'air, comme cela a lieu lorsque l'huile de ricin est utilisée pour le graissage, c'est bien l'oxygène contenu dans l'air qui doit être considéré comme le principal facteur de l'altération.

3. En disposant l'huile dans des tubes à essais alternativement nus ou recouverts de clinquant autour d'une lampe à incandescence de 100 watts contenue dans une marmite calorifugée dont la température était ainsi maintenue à 140°, nous avons pu reconnaître qu'en présence d'air, au bout de 800 heures de chauffage, l'altération est légèrement plus accentuée pour les tubes nus, dans lesquels l'huile subit l'influence directe des radiations émises par la lampe, que dans les tubes entourés de clinquant à l'intérieur desquels intervient seulement l'action de la température.

GÉOLOGIE APPLIQUÉE. — *De quelques données sur la genèse de la pyrrhotite colloïdale et des autres minerais de la mine du Bottino.* Note (¹) de MM. **C. L. Sagui** et **A. Jourdan.**

Située dans les Alpes Apuanes, la mine du Bottino, exploitée par les Étrusques et arrêtée depuis peu, avait pour objet principal l'exploitation d'un filon en chapelet de galène argentifère, dont les roches encaissantes sont formées par des schistes triasiques très compacts et presque imperméables [cf. Simon (²), Blanchard (³), A. Pelloux (⁴) et C. L. Sagui (⁵)].

La partie riche du filon est constituée par des colonnes de galène argentifère qui est, en profondeur, d'une teneur en argent décroissante, et, partiellement remplacée par la blende. Dans les parties stériles, le remplissage consiste en colonnes de tourmalinolite (⁶), roche qui paraît être

(¹) Séance du 18 avril 1933.
(²) *Annales des Mines*, 5e série, 14, 1858, p. 557.
(³) *Bull. Soc. Ind. Min.* 3e série, 1, 1887, p. 201.
(⁴) *Mem. Soc. Lunigianese*, 3, 1922, p. 39.
(⁵) *Econ. Geol.*, 19, 1924, p. 542.
(⁶) A. D'Achiardi, *Proc.-Ver. Soc. Toscana Scienze naturali*, 4, 1885, p. 204.

d'origine magmatique, elle résulte d'un enchevêtrement formé d'aiguilles microscopiques de tourmaline et de quartz, avec accessoirement de divers minéraux : galène, blende, sidérite, pyrrhotite, pyrite et parfois chalcosine. La galène argentifère se serait élevée avec les eaux magmatiques des zones plus profondes, où une roche éruptive se trouvait dans sa phase dernière de différenciation. Dans certaines parties étroites du filon (qui ont de 10 à 30^{cm} de puissance), la pyrrhotite et la pyrite remplissent presque seules la cassure; la pyrrhotite, qui en occupe la partie centrale, est progressivement remplacée par la pyrite à mesure que le dépôt approche des salbandes.

Ces derniers minéraux ont un aspect zoné qui attesterait une origine colloïdale. L'étude de la tourmalinolite et des minerais du gisement nous conduit à penser que la pyrrhotite et la pyrite se sont localisées dans les parties étroites du filon où auraient existé les conditions thermiques nécessaires à leur dépôt, tandis qu'il semble que celles qui furent propres à la galène n'aient pu se réaliser que dans les parties plus larges.

Il nous paraît utile de rappeler quelques expériences qui se rapportent aux relations de la pyrrhotite avec la pyrite.

M. Allen et ses collaborateurs (1) ont obtenu la pyrrhotite en dissociant la pyrite à la température de 550°C.; et aussi en faisant agir de l'hydrogène sulfuré sur une solution légèrement acide d'un sel ferreux. M. Doelter (2) était arrivé à produire la pyrrhotite en chauffant à l'abri de l'air, à 200° C., pendant 16 jours, une solution de chlorure ferreux, de carbonate de sodium et d'hydrogène sulfuré. Sous l'action de l'air, la pyrrhotite cessait de se former et la pyrite apparaissait.

M. Stevens (3) a conclu d'une série d'expériences : *a*. que la pyrrhotite peut être dispersée jusqu'à un certain point, sous forme colloïdale d'un vert foncé, au sein de solutions de sulfure et de polysulfure de sodium; *b*. que la pyrite est attaquée par des solutions de sulfure de sodium et donne alors naissance à la pyrrhotite et au polysulfure de sodium; *c*. que l'on obtient la pyrrhotite lorsque, dans les conditions hydrothermales que l'on pense être celles de la formation des gîtes métallifères, on fait agir sur des sels ferreux un mélange d'hydrogène sulfuré et de sulfure alcalins; ou encore lorsque, les sulfures alcalins, en solution avec une quantité relativement faible de polysulfure, sont mis en contact avec les sels ferreux; *d*. que la pyrite peut être produite par des composés de fer en solution alcaline lorsque le polysulfure est en excès considérable sur le monosulfure de sodium, ou lorsque la solution est en présence soit de soufre libre, soit d'un composé qui par décomposition donne ce métalloïde.

---

(1) *Am. Journ. Sci.*, 4e série, 33, 1912, p. 170.
(2) *Zeitschr. Kryst. Min.*, 2, 1886, p. 29.
(3) *Écon. Geol.*, 28, 1933, p. 1.

Les réactions précitées, jointes à d'autres actuellement inconnues, ont dû jouer un rôle dans la formation de la pyrrhotite et de la pyrite du Bottino. Car un magma devient de plus en plus sodique au fur et à mesure qu'il se différencie, et ainsi les sulfures et polysulfures de sodium nécessaires à ces réactions peuvent avoir été abondants. C'est probablement le sulfure de sodium qui forme avec les sulfures métalliques des doubles sulfures dont la température moyenne de fusion est environ de 625° C. (¹).

Dans ces conditions, les eaux magmatiques ont pu entraîner la galène et les autres minerais du Bottino qu'elles ont ensuite transportés dans la fissure filonienne. On sait que le sulfure de sodium passe en solution dans l'eau, alors que les sulfures métalliques y restent en suspension sous la forme colloïdale. Ainsi pourrait être expliquée la pyrrhotite zonée qui nous occupe. Nous pensons également que la pyrite n'est que la pyrrhotite unie à un excès de soufre. Ce dernier serait résulté de la réaction suivante qu'eût facilitée un abaissement de la température rendu possible par le voisinage des parois dans ces parties étroites du filon :

$$SH^2 + S_{x-1}Na^2 = 2SNaH + xS.$$

La pyrite, de son côté, s'est quelque peu altérée par son contact avec les salbandes devenues gypseuses.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur la variation rapide des atmosphériques au lever du soleil.* Note de M. **R. Bureau**, présentée par M. Ch. Maurain.

La chute rapide des atmosphériques observée au lever du soleil sur des ondes de l'ordre de 30 kc/s (10000^{m}) est une conséquence des modifications brutales imposées par le rayonnement solaire à la propagation des ondes qui proviennent des sources lointaines. J'en ai donné une preuve expérimentale en comparant les courbes atmosphériques de Paris, Tunis et Rabat, qui sont fréquemment identiques pendant les heures de nuit (²).

La comparaison de ces courbes permet de déterminer sur chacune d'elles l'heure où commence l'action du soleil levant. J. Lugeon (³) détermine cette heure par l'examen d'une seule courbe et, partant de cette donnée,

(¹) H. Freeman, *Eng. and Mining Jour.*, 120, 1925, p. 973.
(²) R. Bureau, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 69.
(³) J. Lugeon, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 114.

calcule la hauteur des couches ionisées. Il n'est pas toujours facile de procéder ainsi à cette détermination, car on peut confondre les cassures dues à une modification rapide des sources avec les cassures dues à la propagation seule. Par contre, toute ambiguïté disparaît si l'on compare des courbes enregistrées en des localités où le lever du soleil a lieu en des heures différentes et s'il n'existe que des sources assez lointaines perceptibles aux deux localités, cas assez fréquent.

En appliquant la théorie de Lugeon aux heures ainsi trouvées par la comparaison des courbes de Paris, Tunis et Rabat, j'ai obtenu des hauteurs de 15 à 20^{km} pour la courbe ionisée, c'est-à-dire beaucoup trop basse. On s'explique cette discordance en remarquant que dans sa méthode de sondage vertical, Lugeon admet implicitement que les courbes d'atmosphériques sont modifiées brutalement au moment où les premiers rayons du soleil levant atteignent la couche ionisée *au zénith du récepteur*. Or, il n'y a pas de raison pour que le zénith du récepteur joue un rôle favorisé ; il est, au contraire, vraisemblable que la propagation des atmosphériques lointains n'est transformée que lorsque le soleil atteint la couche ionisée là où se réfléchissent les ondes, c'est-à-dire entre la source et le récepteur. Si la source est à l'Ouest du récepteur (les enregistrements goniométriques montrent que c'est très souvent le cas à Paris à la fin de la nuit), la chute de la courbe ne commencera que plus tard que ne le prévoit la théorie de Lugeon et les hauteurs calculées à l'aide de cette théorie seront trop basses. C'est bien ce que j'ai constaté.

L'heure où s'amorce la chute dépend donc, non seulement de la hauteur des couches, mais aussi de l'emplacement des sources et du nombre de réflexions entre la couche ionisée et le sol. Il en résulte que la connaissance de cette heure n'est pas suffisante pour mesurer la hauteur des couches. On peut cependant calculer une limite supérieure de cette hauteur en admettant que l'énergie parvient horizontalement au récepteur et en connaissant la direction des sources. Quelques hauteurs ainsi calculées donnent des valeurs vraisemblables, ce qui indiquerait que l'énergie des atmosphériques est localisée aux environs du plan horizontal.

Les enregistrements goniométriques de Saint-Cyr confirment ce qui précède ; il arrive, en effet, fréquemment que plusieurs sources existent à la fin de la nuit dans des directions échelonnées du Sud à l'Ouest. La disparition matinale a lieu alors *successivement* dans les différentes directions en commençant par le Sud et en finissant par l'Ouest environ 45 minutes plus tard (décalage correspondant approximativement à des rayons horizon-

taux). Si l'action solaire se produisait au zénith, les disparitions seraient *simultanées*.

Quand la chute matinale se produit par étapes successives, la raison en doit être plus souvent recherchée dans l'existence simultanée de sources en différents azimuts que dans l'action successive de plusieurs régions ionisées. On voit donc que les courbes d'atmosphériques paraissent mieux convenir à une localisation des sources lointaines qu'à une détermination de la hauteur des couches ionisées.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Mesures magnétiques en Syrie*. Note de M. **Jean Chevrier**, présentée par M. Ch. Maurain.

Les observations en ces 24 stations ont été effectuées avec un théodolite boussole Brunner-Chasselon moyen modèle (n° 3) et une boussole d'inclinaison Chasselon moyen modèle (n° 1) prêtés par le Service géographique de l'Armée.

Les valeurs de la déclinaison ont été réduites à 1933,0 en utilisant les enregistrements magnétiques de l'Observatoire de Ksara. Le fonctionnement incertain de la balance et du bifilaire n'a pas permis de réduire les observations de l'inclinaison et de la composante horizontale. Les valeurs qui figurent dans le tableau ci-après sont donc pour ces deux éléments les valeurs observées en campagne.

A Kamechlié, Rakka et Souar, les emplacements des stations sont ceux de 1930 (1), ce qui a permis de calculer la variation séculaire de la déclinaison pour ces stations entre 1931 et 1932. (N. B. Toutes les déclinaisons mentionnées sont orientales.)

	Kamechlié.	Rakka.	Souar.
	° ′	° ′	° ′
1932,0	3.00,9	2.20,0	2.42,0
1931,0	2.58,4	2.17,6	2.39,6
Variation	2,5	2,4	2,4

Si pour définir la déclinaison au 1er janvier de chaque année, on prend comme il est habituel les moyennes horaires de décembre et de janvier, on trouve pour l'Observatoire de Ksara :

		Var.
	° ′	
1933,0	1.32,0	3′6
1932,0	1.28,6	2′0
1931,0	1.26,0	

(1) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 977.

Il semble donc que de 1931 à 1932, la variation de la déclinaison ait été, dans l'Est des territoires sous mandat, légèrement plus élevée que dans la région côtière.

Stations.	Lat. Nord.	Long. Est Gr.	Décl. Orient.	Inclin.	Comp. hor.
	° ′	° ′	° ′	° ′	g
Ain Arouss............	36.46,2	38.56,4	2.51,8	51.53,6	0,27209
Amouda...............	37.05,7	40.55,5	3.02,8	52.46,8	0,26996
Bessireh...............	35.06,3	40.25,8	2.38,2	50.05,3	0,28703
Borne J 17.............	36.11,8	40.42,9	3.03,5	51.36,6	0,27490
Cheddadi..............	36.02,0	40.44,9	2.51,7	51.16,6	0,27620
Derbissyé.............	37.03,7	40.38,6	3.02,0	52.41,9	0,27036
Djebail................	34.06,6	35.38,6	1.09,3	48.24,3	0,28576
El Howa..............	36.30,3	39.11,0	–	–	0,27498
Hassetché............	36.31,3	40.44,9	3.02,6	51.49,6	0,27314
Jeramana..............	34.28,8	36.21,5	1.41,2	47.36,2	0,28731
Jourdain..............	33.17,0	35.46,2	1.34,0	46.58,8	0,28731
Kamechlié.............	37.03,0	41.13,7	3.05,0	52.46,0	0,27045
Kartaba...............	34.05,8	35.50,2	1.44,0	48.13,7	0,28752
Merdjayoun...........	33.22,3	35.34,0	1.28,3	47.13,6	0,28851
Merkada..............	35.42,4	40.46,1	2.44,0	50.46,5	0,27741
Moureibet.............	36.06,7	38.05,2	2.23,7	–	0,27382
Rakka................	35.56,7	39.00,6	2.23,8	50.53,1	0,27673
Ras el Ain.............	36.50,3	40.04,2	2.52,5	52.25,0	0,27151
Safeh.................	36.44,6	40.09,6	–	–	0,27270
Souar..	35.30,1	40.39,4	2.46,0	50.39,2	0,27883
Tell Djeben...........	35.15,0	40.30,2	2.46,1	50.05,7	0,28045
Tell Tuem.............	36.40,4	39.33,2	2.54,9	52.01,4	0,27225
Terme Nord...........	36.43,2	40.45,0	3.00,8	52.11,5	0,27296
Terme Sud............	86.36,4	40.46,3	3.00,3	51.59,8	0,27277

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Variation de la composante horizontale autour des journées de calme magnétique.* Note de M. L. ÉBLÉ, présentée par M. Ch. Maurain.

Pour certaines études de magnétisme terrestre, notamment sur la variation diurne, on est amené à considérer à part les jours où l'état magnétique est le plus calme, c'est-à-dire ceux où les courbes enregistrées par le magnétographe présentent l'aspect le plus continu. Les cinq jours les plus calmes de chaque mois sont choisis d'après l'ensemble des enregistrements du monde entier. Il se trouve que ceux-ci tombent en général aux dates où la composante horizontale H passe par de fortes valeurs par rapport à la

moyenne du même mois. Ceci ne doit pas être fortuit et nous a conduit à étudier la répartition des valeurs moyennes quotidiennes de H autour des jours reconnus calmes d'après l'aspect des courbes.

Cette étude a été faite sur les données du Val-Joyeux (Seine-et-Oise) en prenant les différences de H d'un jour au suivant pendant les trois jours qui précèdent et les trois jours qui suivent chacun des jours calmes, puis formant mois par mois les moyennes des cinq suites ainsi obtenues. On peut ensuite les grouper par mois de même nom ou par années au cours d'un espace assez long, un cycle solaire par exemple; nous avons envisagé les onze années 1921 à 1931.

Voici les moyennes générales des différences, exprimées en γ ($\gamma=0{,}00001$ C. G. S.) :

$H_{-2}-H_{-3}$.	$H_{-1}-H_{-2}$.	H_0-H_{-1}.	H_1-H_0.	H_2-H_1.	H_3-H_2.
+1,0	+1,2	+2,4	+1,7	−3,0	−2,1

Le fait important est le changement de signe qui se présente, non pas entre les journées (0) et (1), mais entre les journées (1) et (2) : la composante horizontale continue en moyenne à croître après le jour calme, puis décroît le surlendemain, quelquefois même un jour plus tard. Cette forme est générale et les signes se retrouvent dans le même ordre presque sans exception tant sur les moyennes mensuelles que sur les moyennes annuelles, mais la grandeur des différences est en relation avec la position du mois dans l'année et la position de l'année dans le cycle solaire.

Nous avons examiné la forme des différences analogues entre les valeurs de la composante verticale; on trouve :

$Z_{-2}-Z_{-3}$.	$Z_{-1}-Z_{-2}$.	Z_0-Z_{-1}.	Z_1-Z_0.	Z_2-Z_1.	Z_3-Z_2.
−0,5	−0,4	−1,0	−0,6	+0,6	+0,5

On voit que le phénomène est inverse : la composante verticale décroît autour du jour calme jusqu'au lendemain inclusivement.

Enfin nous nous sommes demandé ce qui pouvait se passer dans l'hémisphère Sud. Le phénomène est semblable : les trois années (1928-1930) d'observations à Christchurch (Nouvelle-Zélande), dont nous pouvions disposer, manifestent les différences moyennes :

$H_{-2}-H_{-3}$.	$H_{-1}-H_{-2}$.	H_0-H_{-1}.	H_1-H_0.	H_2-H_1.	H_3-H_2.
+0,7	+2,5	+3,2	+1,3	−5,3	−3,0

Ce fait peut s'expliquer par l'hypothèse suivante : les courants de la

haute atmosphère dont les variations brusques sont la cause des perturbations produisent avec des vitesses inégales deux effets secondaires : une certaine agitation magnétique précédant la phase principale de la perturbation et une diminution rapide de la composante horizontale. On peut supposer que le premier provient immédiatement des courants extérieurs, tandis que le second résulte d'une induction dans la masse de la Terre.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Nouvelle méthode pour la détermination directe de la répartition angulaire naturelle des rayons cosmiques.* Note de M. L. **Tuwim**, présentée par M. Jean Perrin.

1. *Introduction.* — La répartition angulaire des rayons cosmiques n'a été mesurée directement jusqu'à présent qu'avec la chambre de Wilson ou par les coïncidences entre des tubes-compteurs éloignés. Ces deux méthodes ne mesurent pas la répartition de la totalité des rayons cosmiques, car elles sélectionnent les rayons les plus pénétrants. La répartition totale des rayons cosmiques a été mesurée avec un tube-compteur en comparant le nombre de chocs en positions verticale et horizontale. Mais cette détermination n'était possible qu'en supposant *a priori* que le flux des rayons cosmiques varie exponentiellement selon le chemin parcouru dans l'atmosphère. La raison de la nécessité d'une hypothèse de ce genre réside dans l'impossibilité de la détermination détaillée d'une courbe moyennant seulement deux mesures. Avec la nouvelle méthode que nous proposons ici on obtient un nombre suffisant de données expérimentales pour la détermination du flux en fonction de la distance zénithale, sans avoir recours à des hypothèses, en faisant des mesures avec un système de tubes-compteurs.

2. *Principe de la méthode.* — Nous avons remarqué que la répartition anisotrope des rayons cosmiques doit déterminer en plus de l'effet produit par la rotation d'un tube-compteur, un autre effet directionnel, dépendant de la longueur du tube, son axe restant fixe. Considérons pour cela un faisceau parallèle de rayons cosmiques. Si ce faisceau est parallèle à l'axe d'un tube-compteur, alors le nombre de rayons qui le traversent est constant quelle que soit la longueur de celui-ci. Si ce faisceau est perpendiculaire à l'axe, alors le nombre de rayons varie proportionnellement à la longueur du tube. On peut donc, du caractère de variation du nombre de rayons avec la longueur d'un tube-compteur déduire la direction des rayons sans tourner l'appareil.

La méthode proposée ici utilise simultanément les deux effets en faisant tourner un système de tubes-compteurs différents. Ainsi l'on peut en mesurant avec un grand nombre de tubes en un grand nombre de positions obtenir les données expérimentales suffisantes pour obtenir ainsi avec un degré quelconque de précision la répartition angulaire des rayons cosmiques.

3. *Mesures.* — Dans l'observatoire de rayons cosmiques décrit précédemment (¹) nous avons obtenu avec cinq tubes-compteurs remplis d'air à 10^{cm} Hg les résultats suivants :

r cm	2,0	2,0	1,5	1,5	1,3
l cm	12,0	4,0	14,0	6,0	8,0
N(0°)	57,5	23,9	35,1	21,7	20,6
N(90°)	67,3	24,1	44,2	25,0	24,8

N(α) est le nombre total de chocs dans un tube-compteur de rayon r et longueur l, dont l'axe forme l'angle α avec la verticale. Chaque valeur du tableau est le résultat de 4 mesures à 100 chocs chacun. Ensuite nous avons transporté les tubes-compteurs dans une salle souterraine à 12^{m} de profondeur. D'après les observations faites dans cette salle avec des tubes protégés par 10^{cm} de plomb nous estimons comme valeur provisoire l'effet de 0 à $1/5^{e}$ de la valeur de N(90°) à la surface.

En appliquant la méthode du paragraphe précédent nous obtenons les valeurs suivantes du flux $\rho(\theta)$ (nombre de rayons cosmiques ionisants et non simultanés par centimètre carré par minute et dans l'unité d'angle solide ayant sa distance zénithale comprise entre θ et $\theta + d\theta$, l'azimut entre φ et $\varphi + d\varphi$ et traversant 1^{cm^2} perpendiculaire à ces rayons).

θ	0°.	15°	35°.	55°.	75°.	90°.
$\rho(\theta)$	0,4	0,4	0,4	0,13	0	0

Les valeurs du flux sont du même ordre de grandeur que celles qu'on obtiendrait en supposant que le flux est une exponentielle où figure en exposant le coefficient d'absorption des rayons cosmiques. Ainsi :

1° La méthode proposée ici donne des résultats raisonnables même avec des mesures faites seulement dans les positions verticale et horizontale et avec seulement 5 tubes-compteurs et 4000 chocs comptés au total;

2° On peut déduire des mesures avec des tubes-compteurs sans avoir recours à des hypothèses des valeurs absolues, mesurées directement au

(¹) L. Tuwim, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 950.

même degré que le nombre de paires d'ions par cm³/sec avec une chambre d'ionisation;

3° Ces valeurs donnent, sous une forme simple (flux), la répartition angulaire des rayons cosmiques dans l'atmosphère à l'entrée des parois du tube-compteur;

4° Les rayons ionisants qui déclenchent la décharge à l'intérieur du compteur sont bien ceux dont la répartition anisotrope a été observée par différentes méthodes avant celle présentée ici.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Obtention par greffe d'un haricot vivace.* Note de M. **C.T. Popesco**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Au cours d'expériences de greffage réalisées à Rennes en 1926 et 1927, entre diverses légumineuses, avec les conseils de M. L. Daniel, j'avais remarqué que la vie était tantôt abrégée, tantôt prolongée [1].

En présence de ce dernier fait qui s'était manifesté avec une intensité plus marquée dans des greffes de Haricots (*Phaseolus vulgaris*) avec le *Desmodium canadense*, je me suis demandé si, par des greffages appropriés, je pourrais arriver à transformer le Haricot annuel en plante vivace par sa greffe avec le *Desmodium canadense* qui est vivace par ses parties souterraines.

J'ai donc, depuis 1928 jusqu'à ce jour, à Bucarest, dans les jardins d'expériences de l'Institut botanique, poursuivi cette étude chaque année et greffé le *Desmodium* sur les Haricots de Soissons à rames, ou inversement, le Haricot de Soissons sur le *Desmodium;* comparativement dans les mêmes conditions de milieu, étaient cultivés, les témoins appartenant aux deux espèces associées.

Chez les Haricots greffés sur *Desmodium* la floraison ainsi que la maturation des fruits et des graines furent *retardées* de 20 à 30 jours par rapport à celles des témoins. La forme et le poids des graines subirent des modifications d'intensité relative variable; 100 graines des Haricots greffés pesaient 81^{g} en moyenne tandis que 100 graines des témoins pesaient en moyenne 105^{g}

Les tiges des Haricots greffés restèrent bien vivantes jusqu'à la fin d'octobre ou le début de novembre quand celles des témoins étaient déjà mortes depuis plusieurs semaines. Cette augmentation de la durée de la vie

(1) CONSTANTIN T. POPESCO, *Revue bretonne de Botanique*, 25, 1930, p. 1.

existait à la fin chez les types greffés sur *Desmodium* et chez ceux qui servaient de support à celui-ci.

Au début de novembre, je coupai, à 10^{cm} environ au-dessus du bourrelet les tiges des épibiotes ou greffons, tant Haricots que *Desmodium*. Des greffes, je fis deux lots : le premier fut laissé en place dans la terre et couvert de feuilles pour le protéger du froid; le second, composé de greffes mises en pots, fut transporté dans une serre froide, à une température qui oscilla pendant l'hiver entre 0° et + 5°.

L'hiver de 1928-1929 fut très dur en Roumanie. Au printemps suivant, je constatai que tous les Haricots restés en place étaient complètement morts ainsi que les *Desmodium* greffés sur eux.

Au contraire, les exemplaires mis en serre résistèrent parfaitement.

Les *Desmodium* entrèrent les premiers en végétation, en février-mars. Les uns des épibiotes de cette espèce, placés sur Haricot de Soissons, poussèrent de la fin de mars en mai, avec un retard plus ou moins marqué suivant les greffes.

Les Haricots de Soissons, épibiotes ou hypobiotes par rapport au *Desmodium*, se développèrent du 1er au 20 mars, en avance sur les témoins correspondants. Chez les épibiotes, les pousses se montrèrent au nœud d'insertion des feuilles primordiales; chez les hypobiotes, soit sur ce même nœud, soit en divers points de la racine devenue pivotante, tuberculeuse et *vivace*.

La floraison des épibiotes Soissons, la formation des gousses, leur maturation et celle des graines fut, comme chez les exemplaires greffés dont ils dérivaient, retardées de 20 à 30 jours. Ces transformations spécifiques diverses se maintiennent depuis quatre ans sur les pieds vivaces obtenus en 1928.

J'ai recueilli en 1928 et semé en 1929 des graines des Haricots devenus vivaces et à maturation tardive. J'ai obtenu des plantes qui sont elles-mêmes vivaces et qui mûrissent leurs graines de 20 à 30 jours plus tard que les témoins appartenant à la race primitive. A la fin de la végétation, je laissai en terre un certain nombre de pieds qui gelèrent progressivement pendant l'hiver et chez lesquels les racines résistèrent plus longtemps en finissant par périr. Les autres pieds eurent leur tige coupée à un décimètre environ au-dessus du sol et furent mis en pots; les unes furent placées dans une cave et les autres en serre froide pour les préserver du froid.

Au printemps suivant, ils donnèrent de nouvelles pousses, et quelques-uns d'entre eux furent même plus vigoureux et plus productifs que les des-

cendants des témoins, et il en a été de même depuis. A chaque printemps, des pousses nouvelles naissent sur la partie supérieure de la racine pivotante, tuberculeuse, au nombre de 3, 4, 5 ou 6. Ainsi le Haricot de Soissons à rames, au lieu de rester unitige comme les témoins, est devenu multitige, tant chez les exemplaires primitivement greffés et transformés que chez leurs descendants.

De ces expériences, que je me propose de poursuivre, on peut tirer les conclusions suivantes :

1° Le *Desmodium canadense*, *vivace* par ses organes souterrains, greffé dans les conditions ci-dessus indiquées sur le Haricot de Soissons à rames, *annuel*, a modifié celui-ci, *directement* et *spécifiquement*, dans ses rythmes de développement, en le rendant *vivace* et *tardif;*

2° Les descendants du Haricot devenu vivace et tardif ont conservé les caractères acquis par leur ancêtre greffé ; ils sont eux-mêmes *vivaces* et *tardifs*. L'influence du *Desmodium* s'est donc exercée *simultanément* sur son assscié et sur sa descendance.

PHYSIOLOGIE. — *Réfraction statique de l'œil des Céphalopodes.* Note de Mlle **M.-L. Verrier**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

La réfraction et le processus accommodateur de l'œil des Céphalopodes ont fait l'objet de plusieurs travaux dont les conclusions ne concordent pas. D'après Beer (1), les Céphalopodes sont myopes; selon Hess (2), ils sont hypermétropes ou emmétropes; suivant Heine (3), ils sont emmétropes ou faiblement myopes. Plus récemment, Alexandrowicz (4), reprenant les travaux précédents, étudie le processus accommodateur sans auparavant mesurer la réfraction statique; la théorie qu'il émet de l'accommodation ne semble convenir qu'à des yeux normalement myopes.

Au cours d'un séjour récent au Laboratoire Arago, de Banyuls-sur-Mer, j'ai mesuré la réfraction statique de l'œil de douze Céphalopodes, parmi lesquels six Seiches (*Sepia officinalis* L.), quatre Elédones (*Eledone Aldrovandi* Rafin.) et deux Poulpes (*Octopus vulgaris* Lamarck). J'ai employé deux procédés d'observation :

(1) Th. Beer, *Arch. f. ges. Physiol.*, 67, 1897, p. 541-586.
(2) C. Hess, *Gesichtssinn. Handbuch d. vergl. Physiol.*, 4, 1913, p. 555-840.
(3) L. Heine, *Med. Naturwiss. Archiv*, 1, 1907.
(4) J.-S. Alexandrowicz, *Arch. Zool. expl.*, 66, 1927, p. 71-134.

1° La méthode de Cuignet, dite méthode de l'ombre pupillaire, couramment utilisée en ophtalmologie humaine, et que les auteurs cités plus haut ont généralement appliquée aux yeux des Céphalopodes.

2° J'ai remplacé le pôle postérieur de l'œil, et, par suite, la portion sensible de la rétine, par un écran mobile, de manière à pouvoir mesurer, à l'aide d'un système de vis approprié à quelle distance du cristallin une image se forme avec le maximum de netteté. Ce procédé m'a déjà donné des résultats utiles dans l'étude des yeux des Poissons.

Toutes les observations ont été faites sur des individus très lentement anesthésiés à l'éther ou au chloroforme, ou sur des individus décapités.

Le procédé de l'ombre pupillaire ne permet ici, à cause de la faible luminosité du fond de l'œil, qu'une approximation à peine supérieure à une dioptrie. Dans tous les cas, j'ai constaté une hypermétropie qui, chez la Seiche, atteint en moyenne 6 à 7 dioptries; chez l'Élédone, 6 dioptries; chez le Poulpe, 8 à 9 dioptries. Dans tous les cas, également, cette hypermétropie se complique d'un astigmatisme hypermétropique composé. Toutes ces mesures ont été faites sous l'eau. A l'air, j'ai constaté une myopie très prononcée, dont l'étude n'offre évidemment qu'un intérêt des plus minimes quand il s'agit de Céphalopodes. De plus, ces mesures ont été pratiquées sur des yeux intacts : un léger traumatisme peut, en effet, par suite des contractions consécutives des parois oculaires, modifier temporairement le chiffre de l'hypermétropie; c'est ainsi que chez une Éledone, la réfraction qui, normalement, mesurait 6 dioptries, n'atteignait plus que 3 dioptries après section de la lame irienne. Hess a, de plus, insisté sur l'action sensiblement concordante de divers agents chimiques (alcaloïdes). Cette sensibilité des parois oculaires aux irritations extérieures permet peut-être d'expliquer, au moins en partie, les divergences des conclusions des auteurs précédemment cités, et peut donner d'utiles indications pour une étude ultérieure des processus accommodateurs.

L'étude des images formées sur un écran mobile remplaçant la rétine donne des résultats sensiblement moins précis que ceux obtenus par le procédé de Cuignet; cependant, elle en constitue une vérification expérimentale indiscutable, au moins en ce qui concerne le signe de la réfraction. Ici, en effet, n'interviennent comme appareils dioptriques que le cristallin et la cornée, mais, on sait que, dans le cas des Vertébrés aquatiques, et aussi dans celui des Céphalopodes, seul le cristallin est à considérer; cornée, humeur aqueuse, corps vitré, dont l'indice de réfraction de la substance propre est sensiblement égal à celui de l'eau, sont pratiquement négligeables.

Dans tous les cas, j'ai constaté chez les Seiches, Poulpes et Élédones qu'une source lumineuse à contours nettement définis donne une image précise à une distance cristallin-écran supérieure à la distance normale cristallin-rétine; cela sous l'eau, car, dans l'air, la distance cristallin-écran est très nettement inférieure à la distance normale cristallin-rétine. Ainsi, chez une Seiche dont la distance du pôle postérieur du cristallin à la rétine était normalement de 8^{mm}, l'écran a dû être placé à 12^{mm} dans l'eau et à $2^{mm},2$ dans l'air. Chez une Élédone dont la longueur cristallin-rétine était de 6^{mm}, la longueur cristallin-écran a atteint 10^{mm} dans l'eau et 2^{mm} dans l'air.

Ces constatations confirment l'existence d'une hypermétropie statique très accusée sous l'eau. C'est le cas des yeux des Téléostéens et des yeux des Sélaciens, ainsi que de précédentes mesures me l'ont montré; ce serait aussi le cas des Batraciens d'après Rochon-Duvigneaud. De même, dans tous ces groupes, le cristallin est sensiblement sphérique. Cette forme atténue, sans la supprimer, l'hypermétropie due à la différence d'indices de réfraction de l'eau et de la substance propre du cristallin; et, bien qu'elle ne permette que la construction d'images défectueuses elle est encore celle qui convient le mieux à un cristallin de Batracien aquatique, de Poisson et Céphalopode.

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Étude expérimentale de la digestion chez les Sélaciens.* Note de M. **Henri Beauvalet**, présentée par M. F. Mesnil.

L'étude anatomique et histologique du tube digestif des Sélaciens, et en particulier de *Scyllium canicula*, a fait l'objet d'un certain nombre de travaux dont les principaux sont dus à A. Pilliet (1) et E. Yung (2). Il résulte de ces différentes observations que l'estomac de *Scyllium* est constitué par deux portions : l'une antérieure, renflée, tapissée par de nombreuses glandes gastriques; l'autre, ayant la forme d'un tube allongé, dont l'épithélium est constitué uniquement par des cellules cylindriques, sans glandes gastriques. La portion de l'intestin comprise entre le pylore et l'origine de la valvule spirale, et cette formation elle-même, sont revêtues par un épithélium à cellules cylindriques et à cellules muqueuses plus rares. Les canaux choléodoque et pancréatique viennent déboucher à mi-distance environ entre le pylore et la valvule spirale.

---

(1) *Bull. Soc. Zool. de France*, 10, 1885, p. 283-308.

(2) *Arch. Zool. exp. et gén.*, 3e série, 7, 1899, p. 121-201.

C. F. Krukenberg (¹), étudiant dans plusieurs mémoires la digestion des Poissons, admet que, chez les Sélaciens, l'estomac tout entier sécrète de la pepsine. C'est également l'avis de Richet (²) et de son collaborateur Mourut (³); mais ces auteurs cherchent surtout à préciser les conditions chimiques nécessaires à la digestion gastrique. Combattant l'opinion de Krukenberg, Yung [(⁴) et (⁵)] localise uniquement la sécrétion peptique à la portion dilatée de l'estomac.

J'ai repris cette étude en réalisant la digestion *in vitro* avec des macérés chloroformiques provenant d'une dizaine de *Scyllium canicula*. Elle a porté sur la fibrine, l'amidon et l'huile d'olive; elle a été effectuée à la température de 18° environ et a duré 24 heures dans tous les cas.

Le macéré chloroformique de la portion antérieure de l'estomac a opéré la digestion de la fibrine jusqu'aux stades des albumoses et des peptones, en milieu acide seulement; il a été sans action sur la fibrine et l'huile d'olive.

Qu'il s'agisse de la portion postérieure de l'estomac ou du segment intestinal compris entre le pylore et la valvule spirale, le macéré chloroformique a les mêmes propriétés en milieu alcalin : digestion de la fibrine jusqu'aux peptones, saccharification de l'amidon, émulsion et saponification des graisses.

Les macérés de la valvule spirale et du rectum, quelle que soit l'acidité ou l'alcalinité du milieu, n'ont aucune action sur la fibrine, l'amidon et l'huile.

L'anatomie et la physiologie des glandes digestives annexes ont été relativement peu étudiées. Krukenberg (¹) admet que le pancréas digère les diverses catégories d'aliments et que le foie est dépourvu de toute action digestive. Ch. Richet pense, au contraire, que le pancréas de *Scyllium* est incapable de digérer les protéides, mais cet auteur ne parle pas du rôle du foie dans la digestion.

J'ai réalisé, expérimentalement et dans les mêmes conditions que précédemment, les digestions pancréatique et hépatique.

Le macéré pancréatique, sans action sur la fibrine, ne digère que l'amidon et les graisses; ces réactions sont d'ailleurs inconstantes.

(¹) *Untersuch. Phys. Inst. Heidelberg*, 2, 1879, p. 385-401.
(²) *Comptes rendus*, 86, 1878, p. 676-679.
(³) *Comptes rendus*, 90, 1880, p. 879-881.
(⁴) *Loc. cit.*
(⁵) *Comptes rendus*, 126, 1898, p. 1885-1887.

Le macéré hépatique, ainsi que la bile obtenue après ponction de la vésicule biliaire, digèrent la fibrine jusqu'aux peptones, saccharifient l'amidon et saponifient les graisses.

En résumé, les expériences précédentes nous montrent que la valvule spirale est dépourvue de tout pouvoir digestif.

Alors que la portion dilatée de l'estomac digère les protéides à la manière de la pepsine, la partie cylindrique du même organe, ainsi que la région antérieure de l'intestin, peptonisent la fibrine en milieu alcalin, digèrent l'amidon et saponifient les graisses. Ces derniers résultats sont à rapprocher de ceux obtenus chez les Poissons sans estomac ([1]) où le ferment protéolytique du tube digestif agit comme la trypsine.

Quant au foie, cet organe se comporte physiologiquement comme un hépato-pancréas, alors que le pancréas lui-même ne digère pas les protéides. Il semble exister ainsi deux glandes pancréatiques dont la structure et le rôle méritent une étude ultérieure.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la réserve alcaline du sang des poissons.* Note de M. **Fontaine** et Mme **Boucher-Firly**, présentée par M. L. Joubin.

Les dosages de gaz carbonique total que nous avons effectués ont porté sur le plasma obtenu par centrifugation du sang préalablement oxalaté et recueilli sous huile de vaseline.

Nos résultats, obtenus par la méthode de Haldane, expriment le nombre de centimètres cubes de CO^2 (à 0° et 75^{cm} de mercure) dégagé par 100^{cm^3} de plasma. Ces chiffres sont donc légèrement supérieurs à ce qu'on est convenu d'appeler la réserve alcaline, puisqu'ils expriment le gaz carbonique combiné (R. A.) + le gaz carbonique libre. Mais le sang des poissons étant toujours alcalin, cette dernière portion est très faible et nos conclusions, basées sur des différences très nettes, s'appliquent aussi bien à la réserve alcaline qu'à la teneur en gaz carbonique total.

([1]) H. Beauvalet, *C. R. des séances Soc. de Biologie*, 112, 1933, p. 640.

I. — *Poissons marins.*

		cm³
Sélaciens.	*Scylliorhinus canicula*	**6,40** (¹)
	Raia clavata	5,92
Téléostéens.	*Motella tricirrata*	8,66
	Merlangus pollachius	12,91
	Gadus luscus	14
	Labrus berggylta	**12,10**
	Conger vulgaris	**13,2**
	Anguilla vulgaris	**13,5**

II. — *Poissons potamotoques* (pêchés en eau douce).

Cyclostome	*Petromyzon marinus*	**20**
Téléostéen	*Alosa vulgaris*	25,5

III. — *Poissons d'eau douce.*

Téléostéens.	*Cyprinus carpio*	**41,4**
	Tinca vulgaris	35,7
	Esox lucius	37,4
	Anguilla vulgaris	**40**

De ces chiffres, on peut conclure :

1° Parmi les poissons marins, la réserve alcaline du sang des Téléostéens (poissons à squelette osseux) est toujours plus élevée que celle des Sélaciens (poissons à squelette cartilagineux) [2].

Chez les poissons potamotoques, l'alose possède également une réserve alcaline plus élevée que la lamproie marine qui, de tous les poissons pêchés en eau douce, présente la réserve alcaline la plus basse.

La teneur en CO^2 total du sang paraît donc en rapport avec l'état d'ossification du squelette. Elle est, chez les Cyclostomes et les Sélaciens, sensiblement plus basse que chez les Téléostéens, à condition toutefois de comparer des poissons pêchés dans le même milieu, soit en eau douce, soit en eau de mer.

(¹) Les chiffres en caractères gras constituent des moyennes. Tous nos chiffres, ainsi que la bibliographie relative à cette question, seront publiés dans un prochain Mémoire.

(²) Déjà Collip (*Journ. Biol. Chem.*, 44, 1920, p. 343) avait remarqué que la teneur en gaz carbonique du sang de l'Elasmobranche *Squalus sucklii* et de l'holocéphale *Hydrolagus collici* est relativement très basse.

2° En effet, les poissons d'eau douce présentent une réserve alcaline beaucoup plus élevée que celle des poissons marins.

Les poissons potamotoques (aloses et lamproies pêchées au début de leur montée dans nos eaux douces) possèdent une réserve alcaline intermédiaire entre celle des poissons marins et celle des poissons d'eau douce.

Une même espèce, l'anguille, suivant qu'elle est pêchée en eau de mer ou en eau douce, présente une réserve alcaline très différente [presque triple (1) en eau douce de ce qu'elle est en eau de mer].

Rappelons que Duval et Portier (2) ont montré antérieurement que le sang des invertébrés d'eau douce est beaucoup plus riche en gaz carbonique que celui des invertébrés marins.

Nos résultats étendent donc ces conclusions aux Vertébrés aquatiques et montrent qu'elles s'appliquent à une même espèce, l'anguille, suivant qu'elle vit dans l'un ou l'autre de ces milieux.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur une forme d'élimination de l'acide urique.* Note (3) de M. **Maurice Rangier**, présentée par M. A. Desgrez.

J'avais démontré (4) que l'acide urique était éliminé par l'urine sous forme d'uréide complexe, se dissociant sous l'influence de l'hyposulfite de cuivre, en milieu rendu alcalin par le carbonate de sodium, pour donner naissance à de l'urate monocuivreux insoluble, et à un dérivé organique du cuivre soluble dans l'eau et de constitution chimique inconnue. Dans cette dissociation, il y a constamment scission du complexe urique dans un rapport déterminé, 2/3 du cuivre entrant en jeu dans la réaction sont précipités sous forme d'urate cuivreux; 1/3 est solubilisé par

(1) Rapport assez approximatif, car, d'après des recherches en cours, il semble bien que la réserve alcaline du sang varie, chez l'anguille d'eau douce, assez notablement suivant l'âge.

(2) Duval et Portier, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1594.

(3) Séance du 1er mai 1933.

(4) *Bulletin de la Société de Chimie biologique*, 1924, p. 935 et 971.

le radical de conjugaison. Le complexe urique étant un dérivé conjugué, le radical de conjugaison ou copule a pour but de solubiliser l'acide urique et de faciliter ainsi son élimination. Les efforts que j'ai faits pour isoler la copule sous la forme de sel de cuivre étaient restés sans résultats.

Or le charbon animal lavé ou les noirs décolorants lavés possèdent la propriété de fixer par adsorption l'uréide. En agitant l'urine avec du noir, on peut ainsi lui enlever tout l'acide urique qu'elle contient et la presque totalité de l'urochrome. Le noir est ensuite lavé et essoré à la trompe.

Les lessives alcalines diluées (ammoniaque, soude, potasse) libèrent l'uréide et l'urochrome adsorbés par le noir. Par évaporation d'une solution ammoniacale d'épuisement du noir, il se forme un précipité d'urate acide d'ammonium qui se sédimente. On évapore à sec; on reprend par l'eau et l'on filtre pour enlever l'urate acide d'ammonium. Par évaporation la liqueur filtrée donne des cristaux prismatiques se groupant en faisceaux arborescents, colorés en jaune par l'urochrome.

Ces cristaux représentent la copule ou radical de conjugaison, ils ont pris naissance par l'action de l'ammoniaque sur l'uréide adsorbé par le noir. Ils ne préexistaient pas, en effet, dans l'urine initiale, car, si l'on reprend par l'eau et si l'on décolore une deuxième fois par le noir, on obtient, par évaporation, les mêmes cristaux décolorés.

De plus, ces cristaux dissolvent l'hydrate de cuivre en donnant une coloration bleue et, par évaporation de la solution, on obtient de fines aiguilles bleues. Ces cristaux s'identifient, à l'analyse, avec le glycocolle.

L'acide urique est donc éliminé par l'urine, sous forme d'un derivé conjugué avec le glycocolle qui a pour but de le solubiliser dans le milieu aqueux urinaire et de faciliter ainsi son élimination.

HYGIÈNE. — *Sur les appareils étudiés et employés à Noisiel depuis 1875 pour obtenir l'abaissement de la température de l'air et en même temps le débarrasser des poussières.* Note de M. **Gaston Menier**, présentée par M. Charles Richet.

1. *Refroidissement de l'air.* — Nous avons cherché depuis longtemps les moyens de rafraîchir le milieu où travaillent mes ouvriers.

Nous avons d'abord fait passer l'eau dans des serpentins qui absorbaient une grande partie de la chaleur apportée; puis pour simplifier nous avons fait passer de l'air sur des surfaces d'eau et nous avons remarqué que l'humidité dont pouvait se charger cet air n'avait pas de conséquences nuisibles parce qu'il arrivait dans une enceinte plus chaude et qu'alors il n'y avait pas condensation.

Nous avons établi ensuite, avec Charles Tellier, différents appareils produisant du froid, notamment des appareils à ammoniaque, à acide sulfureux, à acide carbonique, à chlorure de méthyle et à compression d'air par le système Giffard. Ce dernier système était intéressant parce qu'il écartait les agents chimiques que nous venons d'indiquer, mais il avait l'inconvénient de faire du givre et de la neige.

Nous fîmes alors appel au système Garlandat qui faisait courir l'eau froide sur une tôle perforée de trous au-dessous de laquelle l'air était chassé par un puissant ventilateur qui traversait cette plaque perforée en assurant ainsi un meilleur contact avec l'eau fraîche.

Enfin, pour simplifier encore nos installations, nous avions placé sur l'enveloppe des ventilateurs des tuyères qui lançaient l'eau froide sur les ailes de leurs hélices et de ce brassage, encore plus accentué entre l'eau et l'air, nous obtenions un échange beaucoup plus rapide et beaucoup plus complet.

2. *Purification de l'air.* — En examinant l'effet de ces appareils d'échange en surface, puis de l'appareil Garlandat, dans lequel l'air des ventilateurs venait en contact en léchant ou en traversant une mince couche d'eau, nous avions remarqué que la plus grande partie des poussières se trouvaient happées à ce contact. Cet air refroidi est ensuite envoyé dans des ateliers contenant environ 700 ouvrières; il traverse encore des ventilateurs

à injection qui le rafraîchissent et en même temps le purifient en le débarrassant de ses poussières, ainsi que de ce qui provient des échanges respiratoires du personnel et de la combustion des brûleurs à gaz employés pour le cachetage à la cire des enveloppes.

Le refroidissement de l'air, ainsi que son lavage ont donc reçu à Noisiel une consécration industrielle à ce double point de vue fort important.

C'est cette idée ancienne que nous avons reprise dans la démonstration de notre appareil destiné à réaliser la captation des gaz et en même temps des microbes, tels que le *Bacillus prodigiosus* qu'il a éliminé victorieusement.

A $16^h 5^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 20^m$.

E. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 MAI 1933.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES RICHET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Gustave Binger**, Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation, qui, pour la première fois, assiste à la séance.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Composition comparée de la matière sèche de feuilles homologues des rameaux fructifères et des rameaux naturellement stériles d'une vigne.* Note [1] de MM. **Henri Lagatu** et **Louis Maume**.

En 1930 et en 1932, dans une vigne d'aramon greffée sur rupestris située à Mauguio près Montpellier, nous avons, sur les rameaux fructifères et séparément sur les rameaux naturellement stériles *des mêmes souches* prélevé simultanément à diverses époques de la végétation les deux premières feuilles de la base, afin de comparer les teneurs en azote et en acide phosphorique de la matière sèche de ces couples de feuilles homologues.

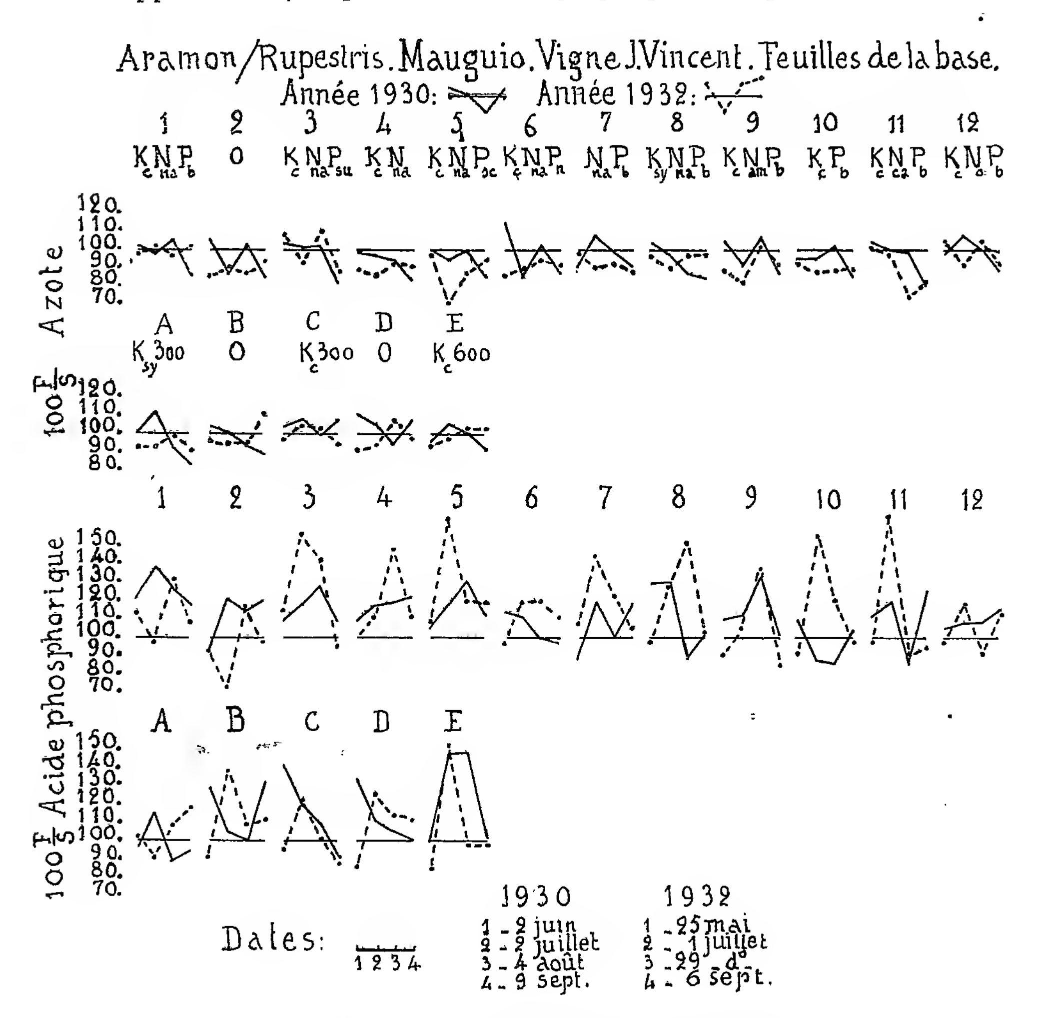
Nos prélèvements comparatifs ont porté, séparément et simultanément, sur dix-sept parcelles dont chacune reçoit annuellement depuis 1929 la même fumure. Les fumures des diverses parcelles diffèrent par la nature des engrais; mais chacun des principes fertilisants K, N, P, quand il figure dans la fumure, intervient toujours avec la même quantité : K indique 300^{kg} de K^2O à l'hectare (K_c du chlorure, K_{sy} de la sylvinite à 20 pour 100); N indique 100^{kg} d'azote à l'hectare (N_{na} du nitrate de soude du Chili, N_{ca} du nitrate de chaux, N_{am} du sulfate d'ammoniaque, N_o du sang

---

(1) Séance du 8 mai 1933.

desséché); P indique 100kg de P^2O^5 à l'hectare (P_b du basiphosphate, P_{su} du superphosphate, P_{sc} des scories de déphosphoration, P_n du phosphate naturel finement moulu). La seule parcelle E a reçu annuellement 600kg de K^2O à l'hectare.

Le rapport 100 F/S, que donne notre graphique, indique la teneur de la



matière sèche de la feuille du rameau fructifère quand on cote 100 la teneur de la matière sèche de la feuille homologue du rameau stérile au même moment.

Cette recherche à caractère statistique, prenant les rameaux tout venant de chacune des deux catégories, est un coup de sonde jeté dans une vigne qui à part les fumures est dans toutes les conditions de la pratique cultu-

rale. Pour le cas actuel, nous avons trouvé en ce qui concerne l'azote et l'acide phosphorique des résultats très voisins de ceux que nous avions obtenus en 1929 dans l'enclos de la Station de Montpellier en prenant sur souches séparées des rameaux fructifères et des rameaux artificiellement stériles (*Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1168).

En dépit des fluctuations statistiques, on peut dire encore : *la matière sèche des feuilles prises sur rameaux fructifères est moins riche en azote et plus riche en acide phosphorique que celle des feuilles homologues prises au même moment sur rameaux naturellement stériles des mêmes souches* [1].

La discussion de ces diagrammes et leur nécessaire confrontation avec les diagnostics foliaires ne peuvent trouver place que dans un Mémoire détaillé.

Nous n'avons pas dosé la chaux parce qu'elle avait été apportée sur les feuilles par les traitements anticryptogamiques.

Nous avons dosé la potasse corrélativement à l'azote et à l'acide phosphorique. Mais la vigne d'expériences de Mauguio est exactement comme celle de la Station de Montpellier, à carence sévère de potasse, constatée également par la « brunissure », par le jaunissement et par guérison complète avec l'intervention exclusive de fortes doses d'engrais potassiques (*Comptes rendus*, 194, 1932, p. 812). Or les doses anormalement faibles de potasse dans les feuilles ont, pour des différences insignifiantes, produit des variations statistiques considérables et désordonnées du rapport 100 F/S en ce qui concerne cet aliment : c'est pourquoi nous ne les avons pas figurées.

En définitive, nos observations montrent que la méthode du diagnostic foliaire pourra vraisemblablement contribuer par biométrie chimique au contrôle d'une notion courante en pratique viticole d'après laquelle, tout en étant simultanément utiles, les engrais azotés « poussent au bois », tandis que les engrais phosphatés « poussent au fruit ».

Plus généralement, le diagnostic foliaire pourra permettre de suivre le phénomène de sélection physiologique, de canalisation des divers aliments minéraux selon le rôle qui, dans le complexe minéral, est en chaque rameau dévolu à chacun d'eux; et, ce qui importe surtout au point de vue technique, de suivre l'influence éventuelle de divers facteurs sur ce phénomène.

---

(1) Dans tous les travaux que nous avons publiés sur le diagnostic foliaire de la vigne nous avons chaque fois pris soin de spécifier que les feuilles avaient été échantillonnées sur des rameaux fructifères. On voit que cette précaution dans l'échantillonnage était justifiée.

HISTO-PHYSIOLOGIE. — *Action sur la glande sexuelle mâle et sur les caractères sexuels d'un régime carencé en vitamine* A. Note de MM. **P. Bouin** et **W. Buchheim**.

L'effet sur les glandes sexuelles des troubles nutritifs provoqués par des régimes déficients en facteurs accessoires a été étudié par un assez grand nombre de biologistes. Leurs recherches ont montré que certaines avitaminoses déterminent, entre autres suites, une dégénérescence plus ou moins complète de l'épithélium séminal. L'état de la glande interstitielle n'a pour ainsi dire pas attiré l'attention : Houlbert a signalé son involution pigmentaire chez le Poulet; Moore et Samuels ont remarqué, chez le Rat blanc carencé en facteur B, une aplasie des cellules de Leydig coïncidant avec le maintien de la spermatogenèse, alors que Koudriacheff a constaté la conservation de ces cellules chez les animaux soumis à une avitaminose durable en facteur E.

Nous avons repris ce problème afin de chercher à préciser les réactions histologiques subies par la glande génitale mâle chez des animaux alimentés avec un régime déficient en vitamine liposoluble, ou vitamine A. Nos expériences ont porté sur 20 Rats blancs, jeunes adultes mâles, dont le poids variait entre 120 et 200^g. La ration alimentaire était constituée par : caséine pure, 18; amidon de riz, 50; huile d'arachide, 12; levure de bière sèche, 2; mélange salin de Mc Collum, 3; papier filtre à volonté. Les animaux ont bien supporté ce régime pendant la durée de l'expérience (3 à 12 semaines). Ils n'ont pas offert les signes classiques de l'avitaminose A, notamment pas de xérophtalmie.

Beaucoup d'entre eux ont un peu augmenté de poids au début de l'épreuve. Les testicules n'ont pas montré un degré appréciable d'atrophie : elle a été nulle ou très faible chez un bon nombre; elle a été assez prononcée au contraire chez quelques autres. Tous possédaient les caractères sexuels secondaires des castrats : on note une involution presque complète ou complète des vésicules séminales et de la prostate.

L'examen microscopique des testicules a fourni les résultats suivants. Les coupes obtenues après l'emploi des méthodes ordinaires font voir que l'épithélium séminal demeure intact, sauf quand l'avitaminose a été prolongée : les processus spermatogénétiques sont actifs, les cinèses maturatives sont nombreuses, la spermiogenèse est normale. Mais les tubes sémi-

nifères sont comprimés les uns contre les autres à la suite de la disparition des espaces intertubulaires; ils prennent souvent sur coupe un aspect polygonal. Les cellules interstitielles sont très réduites en volume, avec noyaux dont la chromatine peut subir une condensation pycnotique, avec cytoplasme diminué et dépourvu d'enclaves sécrétoires. L'étude des organes traités par des méthodes spéciales est beaucoup plus instructive. Les testicules fixés, inclus dans la gélatine, débités après congélation en coupes que l'on a colorées au Soudan, montrent que les éléments constitutifs de la glande interstitielle ne renferment pas d'enclaves de nature graisseuse, lesquelles représentent leur produit caractéristique d'élaboration. Ces coupes permettent aussi de voir que la graisse intratubulaire est bien conservée. Ce fait semble démontrer, en accord avec les observations réalisées chez les Vertébrés inférieurs, que le métabolisme du tube séminal est un processus autonome. La mise au repos fonctionnel de la glande interne testiculaire survient très vite après l'institution du régime carencé. Elle nous semble représenter un signe très précoce de cette carence, puisqu'elle survient quand d'autres signes évidents d'avitaminose ne se manifestent pas encore dans l'organisme.

Il résulte de notre étude que les cellules interstitielles du testicule ne sont pas indispensables à la nutrition de l'épithélium séminal comme on l'admet communément, puisque leur annihilation fonctionnelle n'exerce aucune influence sur la marche de la spermatogenèse pendant la période où cette dernière se poursuit normalement chez l'animal carencé. Il en résulte encore que les vésicules séminales et la prostate peuvent régresser jusqu'à répondre au type castrat, et que la sécrétion interne testiculaire se trouve tarie, alors que les testicules sont constitués par des tubes séminaux ayant conservé leur structure et leur activité caractéristiques.

M. **Ch. Fabry** fait hommage à l'Académie du Fascicule XXIII du *Mémorial des Sciences physiques : Éléments de Thermodynamique cinétique*, par J. Villey, dont il a écrit la *Préface*.

M. **Delépine** dépose sur le bureau de l'Académie un Ouvrage de M. R. Cornubert intitulé *Le Camphre et ses dérivés*. Cet Ouvrage fut entrepris à l'instigation du regretté Haller, qui en avait conçu le programme en 1913. M. Cornubert, après la disparition de son Maître en 1925, résolut néanmoins de le mener à bonne fin. On aura une idée de l'importance de

ce travail et de la peine qu'il a donnée lorsqu'on aura constaté qu'il comporte plus de 3000 indications bibliographiques. C'est une monographie que devront consulter tous ceux qui voudront prolonger les travaux de leurs nombreux prédécesseurs dans ce domaine spécial et si captivant, auquel se rattachent des progrès remarquables de la Chimie organique.

ÉLECTIONS.

Par la majorité des suffrages, MM. **Ch. Lallemand**, **H. Le Chatelier** et **P. Janet** sont réélus membres du Conseil de la *Fondation Loutreuil* pour 1933, 1934 et 1935.

M. **Willem de Sitter** est élu Correspondant pour la Section d'Astronomie par 34 suffrages contre 17 à M. *Frantisek Nusl*, en remplacement de M. *A. Verschaffel* décédé.

NOMINATIONS.

M. **A. de La Baume Pluvinel** est désigné pour représenter l'Académie à la célébration du centenaire de la mort de *Nicéphore Niepce*, à Chalon-sur-Saône, les 4 et 5 juin 1933.

MM. **C. Matignon** et **M. d'Ocagne** sont adjoints aux membres précédemment désignés, pour représenter l'Académie à la célébration du troisième centenaire de la naissance de *Vauban*.

PLIS CACHETÉS.

M. **Charles Fracque** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 7 septembre 1931, présentée et enregistré sous le n° 10483.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient un Mémoire intitulé : *Description et étude des propriétés du triode double de révolution mono-cathodique, à grille polarisée négativement.*

(Renvoi à la Section de Physique.)

CORRESPONDANCE.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les involutions du troisième ordre.* Note de M. **Léon Pomey**, présentée par M. L. Lecornu.

I. Nous allons indiquer les solutions, obtenues par voie *purement géométrique*, de deux problèmes très importants pour la théorie des involutions unicursales I_3 du troisième ordre et leurs applications aux courbes algébriques : 1° Une I_3 etant donnée sur une conique Γ par trois triades m_i, m'_i, m''_i $(i = 1, 2, 3)$, trouver un réseau de courbes aussi simple que possible qui engendre cette I_3. 2° Déterminer géométriquement les trois points triples d'une telle I_3.

Le premier de ces problèmes joue un rôle essentiel dans diverses questions fondamentales relatives aux cubiques définies par neuf points. (*Comptes rendus*, 191, 1930, p. 1424; et *Journ. Éc. Polyt.*, 28, 1931, p. 123 à 128, 134 à 143 et 150).

Quant au second, sa solution permet de résoudre maints problèmes dont voici deux exemples parmi les plus simples : Déterminer géométriquement A, les trois points d'inflexion d'une cubique unicursale dont on donne le point double et six autres points ; B, les trois points d'osculation d'une quartique unicursale, donnée par trois points doubles et cinq autres points, avec les trois coniques osculatrices qu'on peut mener par deux des points doubles et un point simple [1].

II. *Solution du problème* 1. — Par deux points fixes, D (choisi sur Γ) et O, et par chacune des trois triades m_i, m'_i, m''_i, menons trois coniques $G_i (i = 1, 2, 3)$, qui définissent un réseau linéaire (R). Soient G_4 une autre conique de (R); Q le point commun aux trois cordes (différentes de DO) communes à G_1, G_3, G_4 prises deux à deux; q le point analogue pour G_1, G_2, Γ; a, b, les points doubles de l'involution découpée sur Qq par les réseaux (R) et (G_1, G_2, Γ); ω le pôle de Qq, par rapport à Γ; Δ la seconde intersection de Γ avec ωD; g_i la conique passant a, b, m_i, m'_i, m''_i.

(1) La même méthode permettrait de construire les trios de cercles osculateurs qu'on peut mener d'une manière analogue à des quintiques et des sextiques [en vertu des théorèmes 8 et 9 signalés en 1932 au *Congrès de l'Ass. fr. p. l'Av. des Sc.*, (sous presse) dans une communication sur *l'Application de la Théorie des Involutions d'Ordre supérieur*], ainsi que les plans osculateurs qu'on peut mener à une cubique gauche par un point de l'espace, etc.

On peut aisément s'assurer que toutes les coniques du réseau (g_1, g_2, g_3), *menées par les deux points fixes a et b, passent par un troisième, qui est* Δ. *Ce réseau, qui engendre l'involution donnée* I_3, *est bien le plus simple possible* (1).

III. *Solution du problème* 2. — Pour le résoudre, il suffit de trouver les trois coniques du réseau (g_1, g_2, g_3) qui sont osculatrices à Γ. Or nous allons indiquer la solution *géométrique* de ce problème, mais pour un réseau beaucoup plus général : Considérons des coniques passant toutes par un point fixe Δ de Γ et formant un réseau (S), donc astreintes en outre à être toutes harmoniquement circonscrites à deux certaines coniques fixes K_1 et K_2, dont chacune peut d'ailleurs être dégénérée en un couple de points distincts ou confondus (2).

On peut trouver deux points ρ, σ conjugués aux coniques de (S) et à Γ. On vérifie alors sans peine que si une conique de (S) est osculatrice à Γ, le point d'osculation *est un des trois points d'intersection* (autres que Δ) de Γ AVEC LA CONIQUE DE PONCELET $\Pi(\Gamma, \gamma, \rho, \sigma)$, γ étant une conique quelconque passant par ρ et σ et ayant en ces points des tangentes qui concourent en Δ.

Nous démontrons ainsi *géométriquement* que le réseau (S) contient trois coniques C_1, C_2, C_3 osculatrices à Γ que nous appellerons *les coniques* Σ *du réseau* (S). *De plus nous savons construire géométriquement leurs points de contact* a_1, a_2, a_3. D'ailleurs ρ et σ étant conjugués aux coniques du faisceau (Γ, Π), la conique C de (S), qui passe par deux des trois points d'osculation, appartient à ce faisceau : *donc les trois points d'osculation* $a_1 a_2 a_3$ *sont sur une même conique* C *du réseau* (S) (3).

Il est curieux de noter l'importance du champ d'application qui s'ouvre

---

(1) Nous appellerons *coniques* J *du faisceau* (Γ, g_i) toutes les coniques qui, comme G_i, appartiennent au faisceau de base (m_i, m'_i, m''_i, D).

Remarquons que la conique homologique de G_i, quand on prend ω et *ab* pour centre et axe d'homologie, *est la conique de Poncelet* $\Pi(\Gamma, g, ab)$, lieu des pôles de la droite *ab* par rapport aux coniques du faisceau (Γ, g_i).

(2) Le réseau particulier (g_1, g_2, g_3) ci-dessus rentre dans ce dernier cas, K_1 et K_2 se réduisant alors aux points *a* et *b*.

(3) Si les coniques fixes k_1 et k_2 se réduisent aux points cycliques, on retrouve comme cas très particulier les cercles de Steiner, cercles osculateurs à une ellipse menés par un de ses points.

Remarque. — Les coniques C_1, C_2, C_3 et C jouissent de nombreuses propriétés intéressantes, conséquences plus ou moins lointaines de celle-ci : la tangente a_iT_i à Γ au point a_i passe par l'intersection α_i de la droite a_ja_k avec la corde (différente de a_iD) commune aux coniques C et C_i, et les trois points α_i sont alignés sur une même droite dont le pôle par rapport à Γ est le point de concours des trois droites A_ia_i, A_i étant l'intersection des tangentes T_j et T_k.

ainsi pour les coniques de Poncelet, les coniques J et les coniques Σ, dans la théorie des involutions d'ordre supérieur et, par suite, des courbes algébriques de degré supérieur au second.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certaines singularités des fonctions analytiques uniformes.* Note de MM. **S. Kierst** et **E. Szpilrajn**, présentée par M. Émile Borel.

1. *Termes et notations.* — Désignons par P tout le plan (l'infini exclu) et par U le cercle-unité $|z| < 1$. Toute image homéomorphe d'une demi-droite sera dite *un rayon topologique*. Un rayon topologique contenu dans U respectivement P *tend vers la frontière de* U respectivement *vers l'infini*, lorsqu'il est fermé dans U respectivement dans P. La fonction $f(z)$ étant holomorphe dans U respectivement entière, on dit que le nombre a (fini ou non) est *une valeur asymptotique* de f, lorsqu'il existe un rayon topologique R tendant vers la frontière de U respectivement vers l'infini, sur lequel $f(z)$ tend vers a.

E étant un espace (L) au sens de M. Fréchet, le complémentaire d'un ensemble de première catégorie (de Baire) dans E s'appelle un ensemble *résiduel* dans E.

2. *Problèmes.* — Soient $\mathcal{G}$ la classe des fonctions entières, $\mathcal{H}$ celle des fonctions holomorphes dans U, $\mathcal{M}$ celle des fonctions méromorphes dans P. Nous traiterons ces classes comme espaces (L) de M. Fréchet : une suite f_n de fonctions sera considérée convergente vers f lorsque $f_n(x)$ tend vers $f(z)$ uniformément sur tout cercle fermé contenu dans P respectivement dans U. Les espaces $\mathcal{G}$, $\mathcal{H}$, $\mathcal{M}$ sont séparables et complets au sens de M. Fréchet [1].

M. Mazurkiewicz a démontré (ce résultat n'a pas été publié) que la classe des fonctions holomorphes dans U et non prolongeables au delà de U constitue un ensemble résiduel dans $\mathcal{H}$ [2]. Dans le même ordre d'idées nous examinons quelques autres singularités [3] et nous démontrons des

---

[1] C'est-à-dire on peut établir dans chacun de ces espaces la notion de distance, qui se prête au critère de convergence de Cauchy. M. Fréchet a démontré que les espaces $\mathcal{G}$ et $\mathcal{H}$ sont complets (*Rend. di Pal.*, 22, 1906, p. 45, et *Espaces abstraits*, p. 87); quant à l'espace $\mathcal{M}$ on emploie des méthodes analogues.

[2] Le premier théorème de cette espèce a été donné par M. Polya (*Acta math.*, 41, 1918, p. 99). Cependant M. Polya a défini l'espace des fonctions considérées d'une façon tout à fait différente, son espace n'étant pas séparable.

[3] Pendant nos recherches nous avons utilisé les remarques de MM. Eilenberg, Lindenbaum et Saks.

propositions analogues (en particulier le théorème de M. Mazurkiewicz résulte du théorème I'). Nous signalons ici ces théorèmes sans démonstrations, d'ailleurs assez simples.

Vu que tout ensemble résiduel dans un espace complet est non vide, nos résultats donnent *a fortiori* les démonstrations de l'existence des fonctions possédant les singularités en question.

Remarquons encore que plusieurs de nos théorèmes peuvent être considérés comme précisant certaines opinions de MM. Borel [1] et Bloch [2].

3. *Fonctions entières.* — Désignons par $\mathcal{G}$ *la classe des fonctions entières qui transforment tout ensemble* (*a*) *non borné*, (*b*) *connexe et* (*c*) *disjoint d'une demi-droite arbitraire en un ensemble partout dense dans* P.

Théorème I. — $\mathcal{G}_1$ *est un ensemble résiduel dans* $\mathcal{G}$.

Remarquons que la condition (*c*) ne peut être omise, car d'après un théorème de M. Iversen [Thèse, Helsingfors 1914, p. 23] toute fonction entière admet l'infini comme valeur asymptotique.

Soit $\mathcal{G}_2$ *la classe des fonctions entières qui prennent toute valeur complexe dans tout secteur* $\vartheta_1 < \arg z < \vartheta_2$.

Théorème II. — $\mathcal{G}_2$ *est un ensemble résiduel dans* $\mathcal{G}$.

Ajoutons encore que la classe des fonctions entières $f(z)$ pour lesquelles la famille $f(tz)$ $(t \geqq 1)$ n'est pas normale dans aucun point du plan constitue de même un ensemble résiduel dans $\mathcal{G}$.

4. *Fonctions holomorphes.* — Désignons par $\mathcal{H}_1$ *la classe des fonctions holomorphes dans* U *qui transforment tout sous-ensemble de* U (*a'*) *s'approchant indéfiniment de la frontière de* U, (*b'*) *connexe*, (*c'*) *disjoint d'un segment joignant un point quelconque de* U *avec la frontière de* U *en un ensemble partout dense dans* P.

Théorème I'. — $\mathcal{H}_1$ *est un ensemble résiduel dans* $\mathcal{H}$.

La condition (*c'*) ne peut être omise car $f(z)$ étant une fonction holomorphe dans U, il existe un rayon topologique tendant vers la frontière, qui est transformé par f en un ensemble non dense dans P : cela résulte pour les fonctions bornées du théorème de Fatou et pour les fonctions non bornées du théorème suivant :

Théorème. — *$f(z)$ étant une fonction non bornée, holomorphe dans* U, *ou bien* 1° *l'infini est une valeur asymptotique de f, ou bien* 2° *pour tout* M *positif suffisamment grand il existe un rayon topologique* R($\subset$ U) *tendant vers la frontière et tel que* $|f(z)| = M$ *pour* z *parcourant* R.

Il est à remarquer que cette alternative est essentielle.

---

(1) *Comptes rendus*, 155, 1912, p. 201.

(2) *Mémorial des Sc. mathém.*, 20, 1926, p. 16.

Soit $\mathcal{H}_2$ *la classe des fonctions holomorphes dans* U *qui prennent toute valeur complexe dans tout secteur* $\vartheta_1 < \arg z < \vartheta_2$.

Théorème. II. — $\mathcal{H}_2$ *est un ensemble résiduel dans* $\mathcal{H}$.

5. *Fonctions méromorphes.* — M. Gross a construit une fonction méromorphe qui *transforme tout ensemble connexe non borné en un ensemble partout dense dans* P (*Monatsh. f. Math. u. Ph.*, 29, 1918, p. 3). Désignons par $\mathfrak{M}_1$ la classe des fonctions possédant cette propriété et par $\mathfrak{M}_2$ *la classe des fonctions méromorphes qui prennent toute valeur complexe* (*l'infini inclu*) *dans tout secteur* $\vartheta_1 < \arg z < \vartheta_2$.

Théorèmes I″ et II″. — $\mathfrak{M}_1$ *et* $\mathfrak{M}_2$ *sont des ensembles résiduels dans* $\mathfrak{M}$.

Il résulte d'un théorème de M. Iversen (*loc. cit.*) *que toute fonction de* $\mathfrak{M}_1$ *possède une infinité de pôles.*

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les superpositions des fonctions représentables analytiquement.* Note de M. **Adolphe Lindenbaum**, présentée par M. Émile Borel.

1. Nous nous occupons ici [1] des fonctions dans le champ des nombres réels (c'est-à-dire définies pour tous les nombres réels et prenant des valeurs réelles finies). K et L étant deux familles de telles fonctions, désignons par K × L la famille de toutes les fonctions $h(x)$ qui se laissent présenter sous la forme $h(x) = f[g(x)]$, où la fonction $f(x)$ appartient à K, $g(x)$ appartient à L. En tenant compte des deux classifications des fonctions représentables analytiquement, celle de Baire et celle de M. Young, appelons B_α (α étant un nombre ordinal $< \Omega$) la famille des fonctions de Baire de classe $\leqq \alpha$ [2], $\mathcal{U}_\alpha$ la famille des fonctions semi-continues supérieurement généralisées, de classe $\leqq \alpha$ de M. Young, $\mathcal{L}_\alpha$ la famille des fonctions semi-continues inférieurement généralisées, de classe $\leqq \alpha$ de M. Young [3].

---

(1) Les résultats de la Note présente ont été l'objet de ma Communication à la séance de la Société polonaise de Mathématiques (Section de Varsovie), le 10 mars 1933.

(2) Voir par exemple, C. de la Vallée Poussin, *Intégrales de Lebesgue, Fonctions d'ensemble, Classes de Baire*, 1916, n° 33.

(3) $\mathcal{U}_1$ est la famille des fonctions semi-continues supérieurement ordinaires, $\mathcal{L}_1$, la famille des fonctions semi-continues inférieurement ordinaires; par $\mathcal{U}_\alpha$ on désigne les limites de suites non décroissantes des fonctions de classes inférieures à α; par $\mathcal{L}_\alpha$, les limites de suites non croissantes des fonctions de classes inférieures à α. Cf. W. H. Young, *Proc. London Math., Soc.*, 2e série, 12, 1912, p. 260.

2. M. Lusin a démontré que toute fonction de classe 2 de Baire est une superposition de deux fonctions de classe 1 (en employant notre notation, on peut même dire que $B_1 \times B_1 = B_2$); la démonstration m'est inconnue, et ne fut pas publiée. De plus, M. Lusin a posé le problème suivant [1] : *Existe-t-il pour toute fonction $f(x)$ de classe 3 de Baire trois fonctions $\varphi(x)$, $\psi(x)$ et $\delta(x)$ de classe* 1, *telles qu'on ait pour tout x réel :*

$$f(x) = \varphi\{\psi[\delta(x)]\}?$$

M. Sierpinski a obtenu un résultat partiel concernant ce problème [2] et, en outre, il a démontré un lemme que l'on peut formuler de la façon suivante : il existe un ensemble linéaire E et une fonction $\varphi(x)$ définie dans E et de classe 1 dans E, telle que, pour toute fonction $f(x)$ de classe $\alpha + 1$ de Baire, il existe une fonction $\Psi(x)$ de classe α dont les valeurs appartiennent à E et telle que, pour tout x réel, $f(x) = \varphi[\Psi(x)]$.

3. Dans cet ordre d'idées, j'ai démontré les théorèmes suivants :

Soient α et β des nombres ordinaux $< \Omega$:

Théorème I :

$$B_\alpha \times B_\beta = B_{\beta+\alpha}.$$

Théorème II′ :

$$\mathfrak{U}_\alpha \times \mathfrak{U}_\beta = \mathfrak{U}_\alpha \times \mathcal{L}_\beta = \mathfrak{U}_{\beta+\alpha} \qquad (\alpha > 0, \beta > 0).$$

Théorème II″ :

$$\mathcal{L}_\alpha \times \mathcal{L}_\beta = \mathcal{L}_\alpha \times \mathfrak{U}_\beta = \mathcal{L}_{\beta-\alpha} \qquad (\alpha > 0, \beta > 0).$$

En particulier :

$$B_1 \times B_1 = B_2, \qquad B_1 \times B_2 = B_1 \times B_1 \times B_1 = B_3$$

(ce qui donne une réponse affirmative au problème de M. Lusin), etc.

Les démonstrations sont assez compliquées [3].

Pour démontrer par exemple le théorème II″, il faut distinguer deux cas : *a*. le nombre α est de première espèce; *b*. α est de deuxième espèce. Le cas *a* se réduit à considérer α égal à 1 ; alors, il reste à prouver que

$$\mathcal{L}_1 \times \mathcal{L}_\beta = \mathcal{L}_1 \times \mathfrak{U}_\beta = \mathcal{L}_{\beta+1}.$$

Or on voit aisément que $\mathcal{L}_1 \times \mathcal{L}_\beta = \mathcal{L}_1 \times \mathfrak{U}_\beta < \mathcal{L}_{\beta+1}$. Quant à la relation inverse, on peut même démontrer un théorème plus précis :

---

(1) *Fundamenta Math.*, 5, 1924, p. 337.

(2) *Fundamenta Math.*, 20, 1933, p. 173, 176.

(3) Les démonstrations complètes vont paraître autre part.

THÉORÈME III. — *Il existe une fonction $\lambda(x)$ semi-continue inférieurement, telle que, pour tout $\beta > 0$, chaque fonction $f(x)$ de la famille $\mathcal{L}_{\beta+1}$ peut être représentée sous la forme $f(x) = \lambda[g(x)]$, la fonction $g(x)$ étant choisie convenablement dans la famille $\mathcal{L}_3$.*

Voici la définition de la fonction $\lambda(x)$: Si

$$x = \frac{1}{3^{k_1}} + \frac{1}{3^{k_1+k_2}} + \frac{1}{3^{k_1+k_2+k_3}} + \ldots,$$

$\{k_n\}$ étant une suite infinie d'entiers positifs tels que $\{k_n/2^n\}$ est une suite croissante bornée, nous dirons que x appartient à l'ensemble $\mathcal{O}$ et nous poserons

$$\lambda_0(x) = \lim_{n=\infty} \frac{k_n}{2^n};$$

alors, pour x appartenant à $\mathcal{O}$, $\lambda_0(x)$ est une fonction semi-continue inférieurement; donc, on peut l'étendre (*erweitern*) de telle façon qu'elle soit définie pour tous les nombres réels et qu'elle reste semi-continue inférieurement ([1]); en outre, *dans le cas considéré*, on peut lui imposer la condition qu'elle soit positive et finie. Ensuite, on pose

$$\lambda(x) = \log \lambda_0(x).$$

Pour le cas b du théorème II″, il est nécessaire de faire appel aux suites transfinies de type ω^α ([2]).

Afin de prouver le théorème I, on s'appuie sur le théorème II″ (ou II′) et sur le lemme suivant :

LEMME. — *Il existe une fonction $\pi(x)$ continue sur l'ensemble des nombres irrationnels et telle que, pour tout $\beta > 0$, chaque fonction $f(x)$ de la famille B_β peut être représentée sous la forme $f(x) = \pi[g(x)]$, la fonction $g(x)$ étant choisie convenablement dans la famille $\mathcal{L}_3$ et ne prenant que des valeurs irrationnelles.*

Donc par exemple chaque fonction de classe 1 de Baire est une superposition de la fonction $\pi(x)$ et d'une fonction semi-continue inférieurement.

---

(1) V. G. v. ALEXITS, *Fundamenta Math.*, 15, 1930, p. 53.

(2) Cf. W. SIERPINSKI, *Fundamenta Math.*, 1, 1920, p. 132; M. M. LAVRENTIEFF, *Fundamenta Math.*, 5, 1924, p. 123-129.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une classe de fonctions entières admettant deux directions de Borel d'ordre ρ divergent.* Note de M. **Georges Valiron**, présentée par M. Émile Borel.

En suivant la méthode du n° 10 de mon Mémoire du *Journal de Mathématiques* (1931), on démontre que :

I. Si $f(z)$ est une fonction entière du type moyen de l'ordre ρ $(0<\rho<\infty)$, et si l'intégrale

$$\int_1^\infty r^{-\rho-1}\overset{+}{\log}|f(re^{i\varphi})|\,dr$$

converge pour $\varphi=\pm\pi/2\rho$, il en est de même de la série

$$\Sigma r_n^{-\rho}\cos\omega_n\rho$$

étendue aux zéros $r_n e^{i\omega_n}$ de $f(z)$ pour lesquels $|\omega_n|<\pi/2\rho$.

Miss Cartwright avait déjà donné ce résultat en supposant en outre que l'indicatrice de Lindelöf et Phragmén

$$\mathrm{H}(\varphi, f)=\overline{\lim_{r=\infty}}\left[\overset{+}{\log}|f(re^{i\varphi})|\right]:r^\rho$$

est nulle pour

$$(1)\qquad \frac{\pi}{2\rho}\leqq\varphi\leqq 2\pi-\frac{\pi}{2\rho}\qquad\left(\rho>\frac{1}{2}\right).$$

Moyennant cette hypothèse supplémentaire, les deux directions $\varphi=\pm\pi/2\rho$ sont les seules directions de Borel d'ordre ρ divergent de $f(z)$. *Un grand nombre de fonctions construites d'une manière naturelle rentrent dans cette classe.* Tout d'abord, les fonctions de M. Lindelöf,

$$\mathrm{L}(z,\rho)=\sum_0^\infty n^{-\sigma n}z^n,\qquad \sigma=\frac{1}{\rho}<2,$$

en font partie. La méthode de M. Lindelöf montre en effet que, dans l'angle (1), $|\mathrm{L}(z,\rho)|$ est inférieur à $\mathrm{A}|z|^\rho$, A fini. D'une façon générale, considérons

$$(2)\qquad \mathrm{L}(z,\rho,\Theta)=\sum_0^\infty n^{-\sigma n}\Theta(n)z^n,\qquad \sigma=\frac{1}{\rho}<2,\qquad \overline{\lim_{n=\infty}}\sqrt[n]{\Theta(n)}=1,$$

$\Theta(z)$ étant holomorphe dans le secteur $|z|>\mathrm{C}>0$, $x=\mathcal{R}z\geqq 0$.

II. Si $\left[\overset{+}{\log}|\Theta(z)|\right] : r$ tend uniformément vers zéro lorsque $|z| \to \infty$, $x \geqq 0$ et si

(3) $$\log|\Theta(z)| < \varepsilon(r) r, \qquad r = |z| > r_0, \qquad 0 < \beta \leqq |\arg z| \leqq \frac{\pi}{2},$$

$\varepsilon(r)$ étant une fonction décroissante telle que $\varepsilon(r) \to 0$, $\varepsilon(r)\, r \to \infty$ si $r \to \infty$, on a, pour $\varphi = \pm \pi/2\rho$,

$$\log|L(z, \rho, \Theta)| < r^\rho \left\{ \frac{1}{(\log r)^2} + \varepsilon\left[\frac{r^\rho}{(\log r)^2}\right] \right\} \qquad (r > r'_0).$$

Il s'ensuit que :

III. *La fonction* (2) *n'admet que les deux directions d'ordre* ρ *divergent* $\varphi = \pm \pi/2\rho$ *pourvu que, les conditions de* II *étant vérifiées, l'intégrale*

(4) $$\int^\infty \frac{\varepsilon(y)}{y} dy$$

converge.

On voit de même que :

IV. Si toutes choses égales d'ailleurs, la condition (3) de II n'est vérifiée que pour $z = \pm iy$, $y > r_0 > 0$, on a

$$\log|L(z, \rho, \Theta)| < 2r^\tau \varepsilon(r^\tau),$$

pourvu que $0 < \tau < \rho$ et que z appartienne au domaine $r > r(\tau)$,

(5) $$\frac{\pi}{2\rho} + 2\varepsilon(r^\tau) \leqq \varphi \leqq 2\pi - \frac{\pi}{2\rho} - 2\varepsilon(r^\tau).$$

D'autre part, la proposition I se généralise comme suit :

V. Soit Γ une courbe simple du plan des z symétrique par rapport à l'axe réel, ne coupant qu'en deux points les cercles $|z| = r > R_0$, sous un angle supérieur à $\alpha > 0$, et limitant un domaine D qui contient l'axe réel pour $r > r_0$. Supposons qu'il existe une fonction $\zeta = U(z)$ holomorphe dans D et sur Γ sauf au point situé sur l'axe réel, qui représente conformément D sur l'angle $|\arg \zeta| \leqq \pi/2\rho$ et telle que, dans D et sur Γ,

$$\lim_{|z|=\infty} \frac{U(z)}{z} = 1 \text{ uniformément}, \qquad \frac{1}{m} < |U'(z)| < m < \infty.$$

Dans ces conditions, si $z = re^{\pm i\varphi}$ sont les deux points du cercle $|z| = r$ situés sur $\Gamma(r > R_0)$ et si $f(z)$ est une fonction entière du type moyen de l'ordre ρ, la convergence de l'intégrale

$$\int_{R_0}^\infty \left[\overset{+}{\log}|f(re^{i\varphi})| + \overset{+}{\log}|f(re^{-i\varphi})|\right] r^{-\rho-1}\, dr$$

entraîne celle de la série

$$\sum r_n^{-\rho}\cos(\omega_n\rho+\varepsilon_n), \qquad \lim\varepsilon_n=0, \qquad |\omega_n\rho+\varepsilon_n|<\frac{\pi}{2}$$

étendue aux zéros $r_n e^{i\omega_n}$ de $f(z)$ intérieurs à D.

La recherche des conditions à imposer à $\varepsilon(y)$, pour qu'il existe un domaine D satisfaisant aux conditions de V et contenant les courbes limitant (5), est liée aux recherches sur la dérivée angulaire. La méthode que j'ai donnée dans un article récent (¹) montre que pour qu'il en soit ainsi, il suffit encore que la condition (3) soit réalisée. On peut aussi appliquer les théorèmes généraux de M. Warschawski (²). *L'énoncé* III *reste donc vrai lorsque* (3) *n'est vérifiée que pour* $z=\pm iy$.

Tout ceci s'étend au cas des ordres précisés L.

MÉCANIQUE. — *Sur les percussions dans les fils.* Note de M. **H. Pailloux**, présentée par M. E. Jouguet.

Le problème des percussions dans les fils se pose de la manière suivante : à un instant déterminé on connaît la forme du fil et les vitesses de ses différents points; trouver la nouvelle distribution des vitesses, sachant que sur chaque élément du fil on applique une percussion extérieure $\vec{\mathcal{F}}\,ds$.

La mise en équation du problème fournit deux équations vectorielles, quand on applique les théorèmes généraux des percussions à un élément ds du fil. La première équation est

$$(1) \qquad a\overrightarrow{W}=\vec{\mathcal{F}}+\frac{d\vec{\mathfrak{T}}}{ds},$$

a est la densite du fil, $\overrightarrow{W}$ la variation de vitesse et $\vec{\mathfrak{T}}$ la percussion de tension du fil. Le théorème sur la variation de la quantité de mouvement montre que le vecteur $\vec{\mathfrak{T}}$ est tangent au fil. On obtient la dernière équation du problème en écrivant que la longueur du fil est invariable

$$(2) \qquad \vec{g}.\frac{d\overrightarrow{W}}{ds}=0,$$

(¹) *Bulletin des Sciences math.*, 56, 1932, p. 208-211. La démonstration donnée dans cet article peut être beaucoup simplifiée, l'introduction de la dérivée $g'(t)$ étant inutile. Mais j'utilise les propriétés de cette dérivée dans l'étude actuelle.

(²) *Math. Zeits.*, 35, 1932, p. 361-456.

$\vec{\theta}$, $\vec{\nu}$, $\vec{\beta}$ désignant les vecteurs unitaires du trièdre de Frenet. Si l'on appelle ρ la courbure, la tension est donnée par

$$\frac{d}{ds}\left(\frac{1}{a}\frac{d\mathcal{T}}{ds}\right)-\frac{\rho^2}{a}\mathcal{T}+\vec{\mathcal{G}}.\frac{d}{ds}\left(\frac{1}{a}\frac{d\vec{\mathcal{F}}}{ds}\right)=0. \tag{3}$$

Le problème est ramené à l'intégration de (3), c'est-à-dire à la détermination des deux constantes d'intégration, si l'on suppose connue l'intégrale générale. Si le fil est une courbe fermée, on cherche l'intégrale périodique, il en existe une et une seule. Si les deux extrémités sont libres, les percussions de tension sont nulles en ces points, et nous sommes ramenés à chercher l'intégrale qui s'annule aux deux extrémités de l'arc; dans le cas où la densité est constante, on voit facilement qu'il en existe une et une seule.

La détermination des constantes devient plus compliquée lorsqu'une extrémité au moins est fixe après le choc. Prenons l'exemple suivant : un fil se déplaçant dans l'espace, on arrête brusquement une extrémité; quelle est la nouvelle distribution des vitesses? Pour déterminer les deux constantes d'intégration, nous devons écrire que $\mathcal{T}$ est nul à l'extrémité qui reste libre, et que les trois composantes de la vitesse finale de l'autre extrémité sont nulles, ce qui fournit quatre relations. Le problème paraît impossible; cela provient de ce que nous admettons implicitement que pour qu'une distribution de vitesses initiales soit compatible avec la fixité du point A, il faut que la vitesse du point M tende vers zéro quand M tend vers A. Or en considérant un fil comme cas limite d'un certain système matériel, cette condition n'est pas remplie.

Sur un fil de masse négligeable sont disposés des points matériels A_i; on peut supposer pour simplifier qu'ils ont même masse et sont régulièrement disposés. On étudie facilement le cas où le fil est rectiligne au moment où l'on fixe l'extrémité A_i. On trouve que les vitesses normales des différents points matériels ne sont pas modifiées et que la projection de la vitesse après le choc sur la tangente est nulle. Si nous faisons augmenter indéfiniment le nombre des points matériels, leur masse tendant vers zéro d'une manière convenable, les équations ont une forme limite qui est celle des percussions dans les fils, précédemment trouvée; et de plus on constate que la nouvelle vitesse d'un point M ne tend pas vers zéro lorsque M tend vers le point fixe.

Un genre de contradiction semblable se rencontre dans le mouvement d'un fil dont une extrémité est fixe ou animée d'un mouvement connu à

l'avance. Supposons par exemple connue à l'instant considéré la forme du fil, l'extrémité A restant fixe. Les équations du mouvement sont

$$a\frac{\partial^2 \overrightarrow{M}}{\partial t^2} = \vec{F} + \frac{d\overrightarrow{T}}{ds}; \qquad \frac{\partial \overrightarrow{M}^2}{\partial s} = 1,$$

l'accélération de M se compose de deux parties : 1° ce qui provient du vecteur $d\overrightarrow{T}/ds$ qui est dans le plan osculateur au fil en M; 2° ce qui provient de la force, et peut être choisi arbitrairement. Nous voyons donc que si M tend vers A, en général l'accélération de M ne tendra pas vers zéro.

Si nous revenons au problème de percussions, en supposant la percussion de tension connue, la variation de vitesse est déterminée par les équations suivantes obtenues en projetant (1) sur les axes de Frenet :

$$(4) \qquad \left\{ \begin{aligned} a W_\theta &= \mathcal{F}_\theta + \frac{d\mathcal{T}}{ds}; \\ a W_\nu &= \mathcal{F}_\nu + \rho\mathcal{T}; \\ a W_\beta &= \mathcal{F}_\beta. \end{aligned} \right.$$

Dans le cas où une extrémité reste fixe, en ce point nous sommes conduits par les considérations qui précèdent à admettre une vitesse normale quelconque, la vitesse tangentielle étant nulle. Ce dernier résultat va nous permettre de déterminer la deuxième constante d'intégration de (3), car, en ce point, (4) montre que $a(V_1)_0 = d\mathcal{T}/ds$. La solution est déterminée par la connaissance de $\mathcal{T}$ à une extrémité et de $d\mathcal{T}/ds$ à l'autre.

Si les deux extrémités étaient fixées simultanément, on chercherait de même la solution déterminée par la connaissance de $d\mathcal{T}/ds$ aux deux extrémités.

La percussion de réaction aux points fixes est la valeur de la percussion de tension en ces points.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Vagues permanentes dans un canal circulaire à section quelconque.* Note de M. **A. Gay**, présentée par M. Henri Villat.

1. Dans le cas d'une section rectangulaire, le problème a été étudié par Levi-Cività (¹) pour un canal rectiligne et par Geppert (²) pour un canal

(¹) *Rend. Acc. dei Lincei*, **16**, 1907, p. 2, et *Math. Ann.*, **93**, 1925, p. 32.
(²) *Math. Ann.*, **101**, 1929, p. 67.

circulaire. Cette Note traite du canal circulaire dont la section quelconque, Γ, est rapportée à une horizontale de la surface libre au repos C et à la verticale descendante Oz portée par l'axe du canal.

2. Le potentiel des vitesses $\Phi(r, z, \theta, t)$ ne dépend de θ et t que par l'argument $\theta_1 = \theta - \omega t$, ω désignant la vitesse angulaire apparente de la surface libre. Si $\Phi = \varphi(r, z) \cos n\theta_1$, ω est une inconnue dès que n est donné; $\varphi(r, z)$ vérifie

$$(1) \qquad L(\varphi) = \Delta\varphi + \frac{1}{r}\frac{\partial\varphi}{\partial r} - \frac{n^2}{z^2}\varphi = 0,$$

dont la formule de Green s'écrit

$$(2) \qquad \int r\left(\varphi\frac{d\varphi'}{dn} - \varphi'\frac{d\varphi}{dn}\right) ds = 0.$$

3. Si $z = h(r) \sin n\theta_1$ est la surface libre, on a

$$(3) \qquad \frac{d\varphi}{dn} = 0 \qquad \text{sur } \Gamma$$

et

$$(4) \qquad \varphi_{z=0} = \frac{g}{\omega n} h \qquad \text{sur C.}$$

G(PM) étant la fonction de Green du problème, en tout point P du domaine liquide D on a, d'après (2), (3) et (4),

$$\varphi(P) = \frac{g}{2\pi\omega n}\int_C h_M \frac{\rho_M}{r_P}\frac{dG}{dn_M} d\rho.$$

La fonction de Neumann γ, relative à (1) et au contour formé de Γ et de sa symétrique Γ' par rapport à C, vérifie

$$r\gamma(P'P) = r'\gamma(PP').$$

On a

$$G = \gamma(PM) - \gamma(P'M)$$

et $\partial\varphi / \partial z_{z=0} = -\omega n h$ donne, en posant $\lambda = \omega^2 n^2 / g$,

$$\lambda h + \frac{1}{\pi}\int_C h \frac{\partial^2\gamma}{\partial\zeta_0\,\partial z_0} d\rho = 0,$$

qui remplace l'équation intégro-différentielle de M. Hadamard pour les ondes de gravité (1).

(1) VERGNE, *Ondes de gravité* (*Mém. des Sc. math.*, fasc. 34).

Cette équation se transforme en prenant $\gamma = \mathrm{H}\log \mathrm{MP} + \mathrm{K}$ où H et K sont holomorphes, avec $\mathrm{L(H)} = 0$ et $\mathrm{H(MM)} = 1$.

4. La fonction $\varphi(r,z)$ vérifie (1) et au contour (5) $d\varphi/dn = \lambda c \varphi$ avec $c = 0$ sur Γ et $c = 1$ sur C. Le contour ayant deux points anguleux on opère d'après Lichtenstein [1] une représentation conforme. La fonction $\varphi'(r',z')$ correspondant à φ est solution d'une équation homogène de Fredholm dont l'intégrale s'étend au domaine D' intérieur au cercle C' de rayon 1 et dont le noyau se construit avec la fonction harmonique dans D' qui vérifie sur C' la condition correspondant à (5). La méthode de Fredholm s'applique après itérations, les solutions fondamentales en φ' admettent dans D' des dérivées partielles des deux premiers ordres; il en est de même pour φ dans D et la méthode de Schwarz s'applique; les nombres de Schwarz étant ici des intégrales curvilignes étendues à $\Gamma + \mathrm{C}$. Pour les faibles profondeurs, si l'on pose $\varphi = \varphi_0 + z\varphi_1 + \ldots$, $\varphi_0(r)$ est solution d'une équation homogène ordinaire de Fredholm.

5. Une particule fluide décrit suivant la loi des aires une ellipse normale au méridien de la position moyenne; la phase est constante pour un même méridien d'où la rotation apparente de la surface libre. Si φ vérifie $\int_c r\varphi^2\,dr = 1$ (solution normalisée) l'énergie totale est donnée par $\pi.\lambda$.

En désignant par l la largeur du canal sur C, par R le rayon intérieur on a pour le débit moyen Q à travers une section

$$\mathrm{Q} = \frac{ga^2}{2\omega}\log\left(1 + \frac{l}{\mathrm{R}}\right),$$

a étant compris entre le maximum maximorum et le maximum minimorum de la surélévation. Si R est grand par rapport à l,

$$\mathrm{Q} \sim \frac{gla^2}{2c},$$

c désignant la vitesse de propagation au parallèle moyen; ce résultat généralise celui de Levi-Cività pour le canal rectiligne.

---

[1] LICHTENSTEIN, *Acta math.*, **36**, 1912, p. 13.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Le mouvement d'un fluide visqueux autour d'un cylindre en rotation uniforme et la loi de similitude.* Note de MM. MICHEL LUNTZ et PAUL SCHWARZ, présentée par M. Henri Villat.

Considérons une couche du liquide visqueux, limitée par deux plans horizontaux, distants de h, dont l'un est le fond immobile et l'autre sa surface libre. Un cylindre vertical de rayon r_0 tourne dans ce liquide avec la vitesse périphérique constante v_0. Soient ν la viscosité cinématique du liquide, v_θ et v_r les composantes, tangentielle et radiale, de la vitesse d'un point situé à la surface, à la distance r de l'axe de rotation. Nous avons déjà montré ([1]) que l'on a, en appliquant les équations de Navier et en posant $\lambda = rv_r/\nu = \text{const.}$, l'expression suivante pour la composante v_θ :

$$v_\theta = \mathrm{A} r^{\frac{\lambda}{2}} \mathrm{H}^{(1)}_{1+\frac{\lambda}{2}}\left(\frac{ir}{h}\right),$$

$\mathrm{H}^{(1)}$ étant la fonction de Hankel de première espèce. Dans cette expression, A et λ sont des constantes, déterminées par les paramètres h, r_0, v_0, ν et la tension superficielle T du liquide. Il est *a priori* très difficile, sinon impossible, de déterminer λ et A par le calcul.

MM. Escande et Dupin ont appliqué la loi de similitude à un des éléments de l'écoulement, dans un cas expérimental analogue ([2]). Dans notre cas, le grand nombre de paramètres indépendants et la multiplicité des régimes correspondant aux mêmes conditions aux limites ([3]) rendent la loi de similitude pratiquement inapplicable. On s'est donc borné à étudier expérimentalement l'influence de divers facteurs sur la répartition des vitesses autour du cylindre. La figure 1 représente des courbes, correspondant aux diverses conditions aux limites, rapportées aux coordonnées r/r_0 et v/v_0. La figure 2 représente la variation de la vitesse en un point donné, lorsqu'on fait varier la profondeur h. On voit que la vitesse tend vers un maximum pour $h \to \infty$ (on a maintenu r_0, v_0 et ν constants). La figure 3 représente la vitesse en un point donné en fonction de r_0. On peut dire que la vitesse est à peu près proportionnelle à r_0 (h, v_0 et ν restant constants),

---

([1]) M. LUNTZ et P. SCHWARZ, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 894.
([2]) L. ESCANDE et P. DUPIN, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 242.
([3]) M. LUNTZ et P. SCHWARZ, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1080.

$\frac{v}{v_0}$

Cliché 23 : $r_0 = 0,7$ cm ; $v_0 = 94$ cm/sec
$h = 5$ cm ; $\nu = 27$ cm²/sec

Cliché 26 : $r_0 = 0,7$ cm ; $v_0 = 94$ cm/sec
$h = 9$ cm ; $\nu = 27$ cm²/sec

Fluide parfait $\frac{r}{r_0} \cdot \frac{v}{v_0} = 1$

Cliché 36
$r_0 = 0,7$ cm ; $v_0 = 173$ cm/sec
$h = 9$ cm ; $\nu = 27$ cm²/sec

Cliché 10
$r_0 = 0,25$ cm $v_0 = 125,5$ cm/sec
$h = \infty$; $\nu = 10$ cm²/sec

Cliché 13
$r_0 = 0,25$ cm/sec ; $v_0 = 105$ cm/sec
$h = \infty$; $\nu = 12$ cm²/sec

Cliché 33
$r_0 = 0,7$ cm ; $v_0 = 188,5$ cm/sec
$h = 4,5$ cm ; $\nu = 27$ cm²/sec

Cliché 31 :
$r_0 = 0,7$ cm ; $v_0 = 94$ cm/sec
$h = 1,7$ cm, $\nu = 24$ cm²/sec

$\frac{r}{r_0}$

Fig. 1.

$\frac{v}{v_0}$

+ $\frac{r}{r_0} = 3$; o $\frac{r}{r_0} = 4$; × $\frac{r}{r_0} = 4,5$; ⊙ $\frac{r}{r_0} = 5$

$r_0 = 0,4$ cm
$v_0 = 94,2$ cm/sec

h (cm)

Fig. 2.

$\frac{v}{v_0}$

$\frac{r}{r_0} \cdot \frac{v}{v_0} = 1$

$v_0 = 94,2$ cm/sec
——— $r_0 = 0,6$ cm
········ $r_0 = 0,4$ cm
– – – – $r_0 = 0,25$ cm

$\frac{r}{r_0}$

Fig. 3.

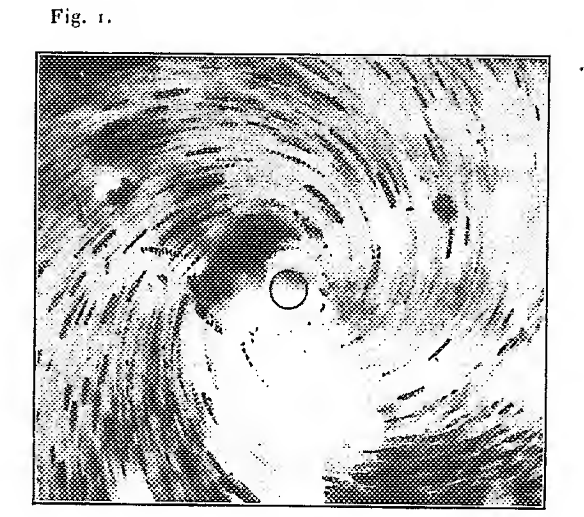


Fig. 4.

en supposant que le même régime d'écoulement est maintenu. Lorsque v^0 varie seul, la vitesse varie proportionnellement à v_0, pour v_0 faible (pour des vitesses telles, par exemple, que $v_0 < \nu/r_0$). Pour v_0 plus grand, la vitesse v_0 augmente moins vite que v_0. La figure 4 reproduit un de nos clichés, illustrant la méthode chronophotographique employée.

Montrons enfin que la loi de similitude ne peut pas donner des indications qualitatives sur la nature de l'écoulement. Il est nécessaire en effet de pouvoir déterminer le nombre de Reynolds d'une façon univoque. Soit $R_0 = 2r_0v_0/\nu$ ce nombre, calculé en prenant comme base le rayon r_0 et la vitesse linéaire v_0 du cylindre tournant. Or, dans un écoulement avec des trajectoires circulaires par exemple, on pourrait considérer un cylindre liquide de rayon $r > r_0$, de vitesse périphérique égale à v, comme étant le cylindre tournant qui engendre le mouvement, et alors le nombre de Reynolds correspondant à ce même écoulement serait $R = 2rv/\nu$. Lorsque la circulation se conserve, $R = R_0$, le nombre de Reynolds est unique. Mais l'expérience nous a montré ([1]), que pour un fluide réel il n'en est pas ainsi : le nombre de Reynolds est donc variable avec r et par conséquent R_0 ne peut pas déterminer à lui seul les qualités du mouvement.

AÉRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Sur un nouvel indicateur d'angle d'attaque*. Note ([2]) de M. **Maurice Roger**, présentée par M. Émile Jouguet.

I. *Principe*. — Quand un solide quelconque est animé d'une translation uniforme de vitesse V_0 dans un fluide homogène au repos à la pression p_0, la vitesse V_m et la pression p_m du fluide en un point m de la surface du solide sont liées à V_0 et p_0 par la relation de Bernoulli

$$p_m + \frac{\rho V_m^2}{2} = p_0 + \frac{\rho V_0^2}{2}. \tag{1}$$

En outre les vitesses V_m et V_0 sont liées par une relation de la forme

$$V_m = V_0 f(i), \tag{2}$$

où i est l'angle d'une droite de référence liée au solide avec la direction du mouvement.

([1]) *Loc. cit.*

([2]) Séance du 8 mai 1933.

Ceci est vrai pour autant que le régime d'écoulement du fluide autour du solide reste stable et que le point m choisi n'est pas situé à l'intérieur d'un sillage.

En éliminant V_m entre (1) et (2), on obtient

$$p_m - p_0 = \frac{\rho V_0^2}{2}[1 - f^2(i)]. \tag{3}$$

De même pour un autre point n du solide, on aura

$$p_n - p_0 = \frac{\rho V_0^2}{2}[1 - \varphi^2(i)] \tag{4}$$

et, en divisant (3) et (4),

$$A = \frac{p_m - p_0}{p_n - p_0} = \frac{1 - f^2(i)}{1 - \varphi^2(i)}. \tag{5}$$

On voit que le rapport A est uniquement fonction de i. Il est indépendant de la vitesse de translation et de la densité du fluide.

II. *Vérification expérimentale.* — Les considérations ci-dessus ont été appliquées pour la construction d'une antenne constituée par un cylindre de révolution percé dans sa section droite médiane de deux petits orifices m et n vus du centre sous un angle 2α (*fig.* 1).

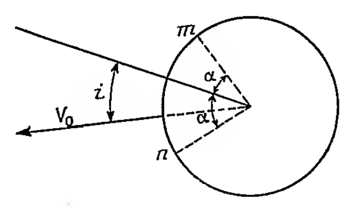


Fig. 1.

Dans ce cas, la fonction f est la même pour tout point de la surface et, la droite de référence choisie étant la bissectrice de l'angle 2α, le rapport A se présente sous la forme

$$A = \frac{1 - f^2(\alpha + i)}{1 - f^2(\alpha - i)},$$

$A = 1$ pour $i = 0$ et s'annule pour une valeur de i telle qu'au point m on ait $V_m = V_0$.

D'autre part, les valeurs de A pour $i < 0$ sont les inverses des valeurs correspondantes pour $i > 0$.

Les essais effectués à la petite Soufflerie du Service des Recherches de

l'Aéronautique ont montré que pour des vitesses allant de 20 à 55 m/s les courbes représentant A en fonction de i sont pratiquement confondues. Les écarts ne dépassent pas $0°,1$.

III. *Récepteurs.* — Les essais ci-dessus ont été effectués à l'aide de manomètres à alcool. Pour l'utilisation sur avion ou pour l'étude du vent naturel, il est nécessaire d'adopter des récepteurs à capsules manométriques donnant directement l'angle i.

Nous nous proposons de faire construire deux récepteurs sur les principes ci-après. Dans les deux cas chacune des capsules manométriques identiques est reliée à l'un des orifices m et n. Elles sont placées dans une boîte étanche reliée elle-même à la pression p_0. Les déformations des capsules sont dans ces conditions proportionnelles à $p_m - p_0$ et $p_n - p_0$.

a. Chacune des capsules commande une résistance électrique par l'intermédiaire d'un contact roulant. Les deux résistances sont identiques et reliées à une même source de courant. Le dispositif étant tel que les intensités des courants soient proportionnelles aux déformations des capsules,

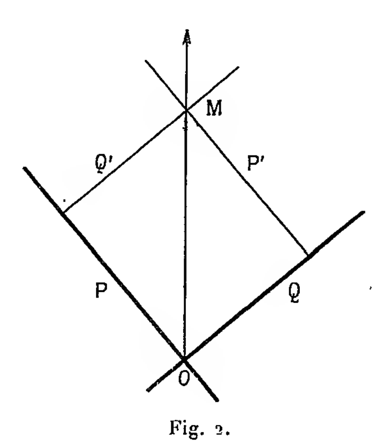


Fig. 2.

un quotientmètre donnant directement le rapport des intensités pourra être gradué en fonction de A et par conséquent de l'angle d'attaque i.

Le dispositif doit être réglé de façon qu'au repos les intensités des deux courants soient nulles.

b. Chacune des capsules commande des tiges P et Q qui peuvent glisser sur elles-mêmes. Sur ces tiges sont montées de façon rigide deux tiges auxiliaires P' et Q' formant avec P et Q un parallélogramme (*fig.* 2).

L'ensemble étant réglé de façon qu'au repos P' soit confondu avec P et Q' avec Q, on voit, qu'en cours de fonctionnement, si le rapport des

pressions reste constant, le parallélogramme se déforme en restant semblable à lui-même.

Une aiguille pivotant autour du point fixe O et liée au point d'intersection M de P et Q conservera donc une direction fixe. Cette direction indique donc une valeur du rapport A et, par suite, de l'angle d'attaque i.

AVIATION. — *Le pilotage automatique des avions.* Note de M. **A. Étévé**, présentée par M. E. Jouguet.

Les anémogirouettes, qui ont fait l'objet d'une Note présentée le 21 septembre 1931, ont été essayées longuement sur avion. Les renseignements recueillis au cours des vols automatiques ont permis de faire des remarques intéressantes sur la stabilité longitudinale des avions.

1° Toute rupture d'équilibre est presque toujours caractérisée par un brusque changement d'inclinaison longitudinale de l'avion, à la suite duquel l'avion cherche à prendre son incidence et sa vitesse d'équilibre en effectuant une série d'oscillations lentes qui s'amortissent au bout d'un certain temps, si l'avion a une bonne stabilité, ou s'amplifient, dans le cas contraire.

Un appareil de pilotage automatique longitudinal doit donc : *a*, s'opposer aux brusques variations d'inclinaison longitudinale de l'avion, désagréables pour les passagers; *b*, s'opposer aux variations d'incidence ou de vitesse qui peuvent devenir dangereuses; *c*, amortir les oscillations lentes, le plus rapidement possible.

2° Pour s'opposer aux variations d'incidence ou de vitesse, il est indiqué d'utiliser une girouette sensible aux variations d'incidence ou un anémomètre sensible aux variations de vitesse.

3° Pour s'opposer aux brusques variations d'inclinaison longitudinale dans le cas d'avions qui ne sont pas déformables, il est rationnel d'utiliser les girouettes et les anémomètres, déjà chargés d'empêcher les variations d'incidence et de vitesse; mais nous avons montré qu'un système simple, n'utilisant qu'une girouette ou un anémomètre, ne peut assurer un pilotage correct par mauvais temps, parce qu'il rend l'avion sensible à tous les remous. C'est pourquoi nous avons combiné les deux appareils de façon à composer une « anémogirouette » dont le couple utile C est la somme algébrique des couples dus à l'anémomètre et à la girouette

$$C = H v_0^2\, dv - K v_0^2\, di,$$

H et K étant des constantes, v_0 la vitesse de l'avion, dv et di les variations de la vitesse et de l'incidence.

On en déduit que les remous caractérisés par des variations dv et di de même signe ont une action réduite sur l'anémogirouette; ce sont les plus mauvais, car ils ont tendance à écarter l'avion de toute position correspondant à un régime de vol.

4° Il reste à amortir les oscillations lentes, c'est le problème le plus difficile à résoudre : il a causé l'échec de nombreuses tentatives de stabilisation automatique. Il existe, en effet, une cause d'entretien des oscillations, qui a été rappelée par M. Haus, en ce qui concerne le paramètre vitesse et qui a conduit à penser que les dispositifs basés sur l'anémomètre n'étaient pas aptes au pilotage automatique.

Les règles suivantes permettront de comprendre le mécanisme de l'entretien de ces oscillations :

1re RÈGLE. — *En régime non oscillatoire*, lorsqu'un avion ayant une inclinaison θ_0 parcourt une trajectoire rectiligne avec une incidence i_0 et une vitesse propre v_0, une nouvelle trajectoire correspondant à une inclinaison de l'avion θ sera parcourue avec une incidence i et une vitesse v telles que :

$$v < v_0, \quad i > i_0, \quad \text{lorsque} \quad \theta > \theta_0 \quad \text{(cabrage)},$$
$$v > v_0, \quad i < i_0, \quad \text{lorsque} \quad \theta < \theta_0 \quad \text{(piquage)}.$$

Les stabilisateurs anémométriques ou à girouette sont basés sur ces variations de v et de i.

2e RÈGLE. — *En régime oscillatoire*, lorsqu'un avion parcourt une trajectoire sinueuse, les variations de v et de i sont différentes des précédentes :

$$v > v_0, \quad i < i_0, \quad \text{lorsque } \theta \text{ croît},$$
$$v < v_0, \quad i > i_0, \quad \text{lorsque } \theta \text{ décroît},$$

θ étant alternativement plus grand et plus petit que θ_0, il en résulte qu'en régime oscillatoire l'anémomètre et la girouette agissent à contresens pendant une partie des oscillations, ce qui a pour effet de les entretenir; on s'explique ainsi pourquoi les stabilisateurs à girouette ou à anémomètre qui donnent souvent de bons résultats sont impuissants à arrêter les mouvements oscillatoires provoqués par certains remous.

5° Afin d'améliorer le fonctionnement des anémogirouettes qui n'échappent pas aux effets du régime oscillatoire, nous avons expérimenté un dispositif gyroscopique à moulinets mus par le vent, uniquement sensible aux variations d'inclinaison longitudinale de l'avion.

Les essais effectués au tunnel du Service des Recherches de l'Aéronautique ont permis de déterminer les caractéristiques des gyroscopes. N étant

le nombre tours/minute des gyroscopes, v la vitesse du vent en kilomètres/heure, C le couple utile en kilogrammes/mètre correspondant à une rotation de α degré en t secondes, on a obtenu :

$$N = 9200 \frac{v}{100} \quad \text{et} \quad C = 0{,}005 \frac{v}{100} \frac{\alpha}{t}.$$

Les essais en vol, effectués en faisant agir directement les gyroscopes sur le ressort de l'anémomètre ont montré que l'amplitude des oscillations était fortement réduite, même annulée dans certains cas; mais la période de l'oscillation de l'avion qui était de 22 secondes n'a pas été modifiée.

6° Nous avons eu l'idée de changer le réglage du ressort de l'anémomètre au début de la période où celui-ci agit à contresens, de façon à provoquer, pendant cette période, un piquage au lieu d'un cabrage, ou inversement.

Ce changement de réglage peut être commandé automatiquement d'une façon très simple par la girouette elle-même. Cette modification nous a permis de faire disparaître les oscillations lentes, l'avion reprenant immédiatement sa position déquilibre sous l'action de l'anémogirouette.

Ce résultat a été confirmé par l'enregistrement de la vitesse de l'avion qui montre que les variations de vitesse sont apériodiques.

En résumé, les résultats acquis avec un avion n'ayant subi aucune modification, ayant une grande dureté de manœuvre et des volets de gouvernail non équilibrés et non compensés, prouvent que les anémogirouettes sont aptes à réaliser un pilotage automatique correct, sous réserve d'établir entre la girouette et la commande de l'anémomètre une liaison appropriée.

PHYSIQUE. — *Sur la viscosité des gaz aux températures élevées.* Note de M. **Pierre Brémond**, présentée par M. G. Urbain.

Sutherland a établi une formule qui donne la valeur de la viscosité d'un gaz à toute température en fonction de cette température et du coefficient de viscosité du gaz à 0°C. Elle a été vérifiée et reconnue exacte par plusieurs auteurs dans des limites qui varient de — 190° à + 300°.

Nous avons mesuré les coefficients de viscosité des gaz en appliquant la loi de Poiseuille qui donne le débit d'un fluide dans un tube, connaissant le coefficient de viscosité η du fluide, la longueur l du tube, son rayon r et la différence de pression P entre ses extrémités :

$$\text{Débit} = \frac{1}{\eta} \frac{\pi r^4}{8l} \text{P}.$$

Nous avons opéré avec l'air, gaz voisin d'un gaz parfait et avec l'anhydride carbonique.

Le dispositif expérimental consistait en un récipient parfaitement étanche, plongé dans un thermostat et communiquant d'une part à un réchauffeur et à un tube capillaire réfractaire en porcelaine, de dimensions connues et chauffé à une température connue dans un four, et d'autre part à un manomètre sensible et à un vase de Mariotte contenant du mercure sec qui pouvait se déverser dans le récipient étanche avec un débit réglable.

Le récipient étant rempli de gaz sec, on laissait pénétrer le mercure lentement; celui-ci chassait un volume égal de gaz qui s'écoulait alors dans le tube capillaire chaud sous une pression mesurée au manomètre. Quand le régime d'écoulement était bien stabilisé, un dispositif automatique de pesée permettait de mesurer le temps d'écoulement d'un poids connu de mercure sans rien changer au régime d'écoulement.

On avait ainsi tous les éléments pour mesurer les coefficients de viscosité en appliquant la loi de Poiseuille. Il restait ensuite à les comparer avec les coefficients calculés d'après la formule de Sutherland :

$$\eta_T = \eta_0 \frac{273 + C}{273^{1,5}} \frac{T^{1,5}}{T + C};$$

η_T, coefficient de viscosité à T° absolus en unités C. G. S.;

C, constante, variable avec chaque gaz, déterminée par Breitenbach par expérience faite à *basse température*.

En prenant, d'après Breitenbach, pour l'air $C = 119°,4$ et pour l'anhydride carbonique $C = 239°,7$, nous avons obtenu les résultats suivants :

Coefficients de viscosité mesurés et calculés pour l'air et CO^2.

	$\eta \times 10^{-6}$.			$\eta \times 10^{-6}$.	
°	CO^2 mesuré.	CO^2 calculé.	°	Air mesuré.	Air calculé.
19	149,9	146,8	18	182,7	182,4
32	159,4	154,3	40	195,8	193,5
104	188,9	187,3	54	195,8	200,2
145	204,1	209,8	74	210,2	209,4
235	241,5	241,8	229	263,8	272,9
417	310,6	307,8	334	312,3	310,4
490	330,0	331,6	357	317,5	318,1
574	367,3	359	409	341,3	335
685	380	390,6	466	350,1	352,8
764	408,4	412,7	481	358,3	359

Coefficients de viscosité mesurés et calculés pour l'air et CO^2 (suite).

	$\eta \times 10^{-6}$.			$\eta \times 10^{-6}$.	
	CO^2 mesuré.	CO^2 calculé.		Air mesuré.	Air calculé.
850°	435,8	435,7	537°	368,6	374
1008	477,8	475,9	565	375	382
1052	478,6	486,5	620	391,6	397,6
			638	401,4	402,3
			750	426,3	431,8
			810	441,9	446,7
			923	464,3	474,3
			1034	490,6	499,6
			1134	520,6	521,5

La moyenne des différences, *en valeurs absolues*, entre les valeurs calculées et observées, est : pour l'air $=1,16$ pour 100 de la valeur de η_T et pour l'anhydride carbonique $=1,39$ pour 100. La loi de Sutherland, appliquée avec les constantes données ci-dessus, semble donc bien concorder avec l'expérience jusqu'aux températures élevées.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur la masse du neutron.*
Note de M. **Jean-J. Placinteanu**, présentée par M. M. de Broglie.

Les recherches de Chadwick, Feather, Dee et autres auteurs, sur le bombardement de la matière avec des particules α, ont mis en évidence l'existence d'un corpuscule neutre de matière, de masse à peu près égale à l'unité et de charge nulle, qui, avec les protons et les électrons, constitue es éléments primordiaux des noyaux atomiques.

Un modèle pour cette particule, le *neutron*, n'étant pas encore donné, on s'imagine qu'elle n'est autre chose qu'un système *stable* formé d'un proton et d'un électron. Mais si l'on veut calculer d'après cette hypothèse, d'ailleurs très vraisemblable, la masse m_n du neutron, on trouve $m_n = m_p + m_e$, c'est-à-dire la somme des masses m_p du proton et m_e de l'électron, ce qui est en désaccord avec les données expérimentales. D'après les auteurs cités plus haut, la masse m_n est plus petite que $m_p + m_e$. On a donc un défaut de masse.

Le but de cette Note est de proposer une expression pour la masse du

neutron sans faire appel à la notion de défaut de masse. De plus, on est conduit à rendre plausible l'existence des électrons d'énergie négative qui dans la théorie de Dirac ont été interprétés comme des états non occupés d'énergies négatives, sans pouvoir être assimilés avec les protons, ni décelés dans leurs manifestations individuelles. Je m'imagine le neutron comme une particule formée d'un proton et d'un électron d'énergie négative. Étant données les parfaites vérifications numériques, cette hypothèse semble très plausible.

1. Soit donc un système formé d'un proton et d'un électron. Si leur distance relative devient plus petite que le rayon du premier cercle de Bohr (1) $a = h^2/4\pi^2 me^2$ (avec les notations habituelles), le système est instable. Son énergie totale étant la somme des énergies du proton et de l'électron.

Attribuons au proton une énergie propre $m_p c^2$ et à l'électron une énergie propre $m_e c^2$. Au moment où l'électron est à une distance suffisamment petite du proton (2), ils s'unissent en donnant lieu à un système stable, statique, possédant un minimum d'énergie, donc une énergie plus petite qu'avant le processus. Il y aurait donc eu transformation d'un électron d'énergie positive dans un électron de Dirac d'énergie négative avec dégagement d'une radiation correspondant à l'énergie de couplage.

J'attribue à la particule ainsi formée l'énergie

$$m_p c^2 - m_e c^2 = m_n c^2. \qquad (1)$$

Ce neutron est une particule dans un état stable, d'énergie propre $m_n c^2$ et de masse

$$m_n = m_p - m_e. \qquad (2)$$

Cette formule (2) est, d'ailleurs très curieusement, parfaitement vérifiée par les données expérimentales. On a

$$m_p = 1,0075, \qquad m_e = 0,0055;$$

(1) Il est à remarquer que le rayon a de Bohr peut s'exprimer en fonction du rayon de l'électron $a_0 = e^2/m_e c^2$. On a, en réalité, $a = (137)^2 a_0$, où α étant la constante de Sommerfeld de la structure fine des lignes spectrales, l'on a posé, avec Eddington, $1/\alpha = 137$. Il résulte que les trajectoires stationnaires de Bohr doivent avoir des demi-axes qui sont des multiples entiers, non plus de a, mais encore de a_0. Le nombre 137 de Eddington sépare les régions du noyau des régions atomiques.

(2) Le passage d'une certaine « montagne de potentiel » par l'électron, est, d'après la mécanique ondulatoire, toujours possible.

donc, d'après (2),

$$m_n = 1,0067.$$

Chadwick trouve par voie expérimentale exactement $m_n = 1,0067$ (avec la possibilité d'une variation entre 1,005 et 1,008).

Du processus envisagé il résulte encore une énergie rayonnée, égale à l'énergie de couplage, savoir

$$m_p c^2 + m_e c^2 - m_n c^2 = 2 m_e c^2. \quad (3)$$

Si l'on tient compte de ce que la masse d'un électron correspond à une énergie égale à $5,1 \cdot 10^5$ électrons-volts, il résulte de (3) que l'énergie rayonnée sera égale à un million el-volts, ce qui est en parfait accord avec Chadwick.

2. Ces considérations plutôt empiriques m'ont conduit à me demander, si l'on trouve le même résultat en partant de l'équation de Dirac pour l'électron. Le calcul théorique que j'ai poursuivi dans ce sens m'a amené à la même conclusion.

Il est intéressant de remarquer que c'est la première fois qu'on décèle les manifestations des électrons d'énergie négative. Ils apparaissent donc comme des éléments constitutifs des neutrons. Un tel électron d'énergie négative ne peut exister en état libre. La désintégration d'un neutron laisse un proton libre, mais doit s'effectuer par absorption d'une quantité d'énergie suffisante pour transformer son électron d'énergie négative en un électron d'énergie positive qui sera alors libéré.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la structure fine des bandes d'absorption du bioxyde de soufre dans l'ultraviolet.* Note de M. **Aurel Jonescu**, présentée par M. Jean Perrin.

La molécule de bioxyde de soufre est du type à trois moments principaux d'inertie. La structure fine des bandes pour cette classe de molécules diffère essentiellement de ce que l'on connaît à propos de la molécule biatomique. La théorie du rotateur asymétrique, développée surtout ces dernières années par Klein [1], Wang [2], Kramers-Yttmann [3] et Dennison [4], montre que l'expression de l'énergie de rotation dépend de deux

(1) *Z. Phys.*, 58, 1929, p. 730.
(2) *Phys. Rev.*, 34, 1929, p. 243.
(3) *Z. Phys.*, 53, 1929, p. 553; 58, 1929, p. 217; 60, 1930, p. 663.
(4) *Rev. Mod. Phys.*, 3, 1931, p. 280.

nombres quantiques J et K, et que pour chaque valeur de J existent $(2J+1)$ niveaux d'énergie distincts, qui correspondent aux valeurs de K de $+J$ à $-J$. Une raie déterminée par la transition $J \rightarrow J'$ (simple dans le cas biatomique) présente au moins $(2J+1)$ composantes Zeeman d'intensité observable et qui, dans le cas général, ne coïncident pas.

Supposons $A < B < C$ les trois moments principaux d'inertie; la théorie prévoit trois types de structure, suivant que la variation du moment électrique de la molécule, due à la vibration, s'effectue dans la direction de A, B ou C. Quand cette variation a lieu suivant A, la structure de la bande rappelle, par son aspect, la structure de la bande parallèle du rotateur symétrique et par extention peut être nommée bande de type parallèle.

La théorie a été vérifiée jusqu'ici sur les bandes infrarouges de quelques molécules : hydrogène sulfuré, éthylène, aldéhyde formique. Je donne dans ce qui suit une première application de cette théorie à l'étude de la structure des bandes d'absorption du bioxyde de soufre, dans le premier état d'activation électronique.

La structure a été analysée aux environs de 3000 Å, en utilisant les spectres de premier et de deuxième ordre d'un réseau de Rawland. Cette structure présente trois types différents :

a. Bandes parallèles ayant seulement des branches P;
b. Bandes parallèles avec des branches P et R;
c. Bandes perpendiculaires.

Soient 2Θ l'angle $\widehat{OSO}$ et $\rho = (A/B) < 1$; pour le cas particulier de cette molécule on a $\rho = 1/2 \tan^2\Theta$. J'ai calculé d'après Kramers et Yttmann les transitions et les intensités pour différentes valeurs 2Θ et j'ai interpolé entre ces diagrammes. L'interprétation la plus acceptable a été trouvée en utilisant les $(2J+1)$ transitions les plus intenses entre les premiers cent niveaux d'énergie (de $J=0$ à $J=9$).

En supposant que la distance SO ne varie pas d'une manière sensible en passant à l'état activé, soit $r = 1,36$ Å d'après les mesures de Wierl [1] sur la diffraction des électrons, on trouve les nombres suivants pour les constantes de la molécule :

	2Θ.	$A.10^{39}$.	$B.10^{39}$.	$C.10^{39}$ g/cm².
État normal..............	119°48′	1,23	7,32	8,55
État excité................	96°22′	2,17	5,45	7,62

(1) *Ann. der Phys.*, 8, 1931, p. 521.

On remarque que, par l'activation électronique, l'angle 2Θ diminue; le phénomène paraît être général pour cette classe de molécules. Un examen sommaire de la structure fine des bandes du bioxyde d'azote dans la région 2500 Å (bandes parallèles, branches R) montre une variation du même ordre.

SPECTROSCOPIE. — *Spectre en haute fréquence de l'argon en présence du mercure.* Note de M. **R. Zouckermann**, présentée par M. A. Cotton.

L'étude du mécanisme de la décharge en haute fréquence par la spectroscopie de la lumière émise suggère ([1]) l'intervention de chocs de seconde espèce (échanges d'excitations). Un choc de cette nature a été particulièrement bien mis en évidence par Penning ([2]) entre l'atome normal de mercure et les atomes métastables d'argon (niveaux 4^3P_0 et 4^3P_2). C'est pourquoi j'ai étudié la décharge dans un mélange en proportions variables d'argon et de mercure.

Les tubes à décharges, en pyrex ou en silice, avaient environ 3^{cm} de diamètre et 10^{cm} de longueur. Ils étaient reliés à une installation permettant de produire et de mesurer la pression. Ils portaient de plus une petite tubulure latérale de 10^{cm} de longueur, terminée par un petit ballon de 2^{cm} de diamètre contenant une goutte de mercure très pur. Après chauffage prolongé, à 400° dans le cas du pyrex, au rouge dans le cas de la silice, le mercure était distillé plusieurs fois dans la tubulure latérale. Puis le ballon était immergé dans l'air liquide pendant un dernier chauffage du tube et de toute la canalisation qui y conduisait. L'argon, à une pression de $0^{mm},02$ à 1^{mm} de Hg était alors introduit dans le tube, par l'intermédiaire d'un piège à air liquide. Ce tube à décharges était muni à ses extrémités de deux bagues de papier d'étain, de 1^{cm} de largeur, servant d'électrodes extérieures. Ces électrodes formaient le condensateur d'un petit circuit oscillant accordé et couplé assez lâchement avec un générateur d'ondes entretenues ($\lambda = 12^m$). La lumière émise était examinée entre 3900 et 7000 Å au moyen d'un spectrographe Huet ([3]) (dispersion 12 Å par millimètre vers 4000 Å), et entre 2300 et 4000 Å au moyen d'un spectrographe Hilger E_2.

I. Un premier spectre de l'argon pur était enregistré, qui ne contenait aucune trace de lignes ou bandes étrangères. L'air liquide qui maintenait le mercure dans le réservoir latéral était alors supprimé. A partir de ce

---

([1]) R. Zouckermann, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 409.
([2]) Penning, *Zts. f. Phys.*, 46, 1927, p. 335.
([3]) *Revue d'Optique*, 11, 1932, p. 458.

moment, on enregistrait un spectre toutes les quatre minutes (poses de trois minutes). Au fur et à mesure de l'arrivée de la vapeur de mercure dans le tube à décharges, les lignes du mercure apparaissaient, et celles de l'argon s'affaiblissaient ou disparaissaient. L'intensité des raies de l'argon semblait passer par un minimum, puis croître de nouveau légèrement. Pendant la décharge, la température du tube ne s'élevait que d'une dizaine de degrés au-dessus de la température ordinaire.

La vapeur de mercure seule, à la pression qui correspondait à la température ordinaire (10^{-3} mm de Hg), peut être illuminée par le même procédé, mais le caractère de la décharge est différent, le tube s'échauffe notablement, et dans la lueur, plus faible, certaines raies de simplets et d'intercombinaison sont renforcées. Quelques-unes même apparaissent dont il n'y avait pas trace, sur les clichés, en présence d'argon (5676, $2^3S_1 - 5^1P_1$; 2540, $2^3P_2 - 7^1D_2$; 2603, $2^3P_2 - 8^1D^2$; 2578, $2^3P_2 - 9^1D_2$). Les raies de triplets ne sont pas affectées.

II. D'autre part, un électromètre de faible capacité relié aux bornes du tube m'a permis de mesurer le potentiel explosif et le potentiel d'entretien de la décharge. J'ai constaté qu'en haute fréquence, pour une pression de $0^{mm},5$ de Hg par exemple, le potentiel explosif passait de 189 volts pour l'argon pur à 162 volts en présence de vapeur de mercure (pression saturante à la température ordinaire). Cet abaissement du potentiel explosif a déjà été remarqué dans le cas de décharges en courant continu par Penning, qui a démontré qu'il fallait l'attribuer à l'ionisation des atomes normaux de mercure par les atomes métastables d'argon (Penning, *loc. cit.*).

Quant au potentiel aux bornes du tube au cours de la décharge, il était d'environ 20 volts dans l'argon pur (potentiel d'ionisation 15,7 volts), et d'environ 10 volts en présence de mercure. L'intensité du courant dans le circuit du tube est assez élevée (de l'ordre de 0,1 ampère) (¹). Le régime de la décharge (faible tension, grands courants) est donc semblable à celui de l'arc à bas voltage, dans lequel l'ionisation est souvent faite aux dépens d'atomes métastables.

III. Le mécanisme de la décharge semble donc être le suivant : les électrons s'accélèrent jusqu'aux potentiels métastables de l'argon (11,51 et 11,70 volts). Les atomes d'argon excités aux niveaux métastables par un premier choc peuvent être portés à un niveau plus élevé, ou ionisés, par un second choc électronique. Mais en présence du mercure, les atomes de

(¹) *Loc. cit.*

mercure sont ionisés par les atomes métastables d'argon, ce qui augmente la conductibilité du tube, fait apparaître le spectre du mercure et affaiblit celui de l'argon.

ÉLECTROCHIMIE. — *Emploi d'anodes bimétalliques dans la synthèse électrolytique des alliages.* Note de M. C. **Béchard**, présentée par M. G. Urbain.

I. Lorsqu'on dépose électrolytiquement un alliage de deux ou plusieurs métaux, on utilise généralement, comme anode, soit une substance inattaquable, soit l'alliage à déposer.

Cependant, R. C. Ernst et C. A. Mann [1], dans leur étude sur le dépôt des alliages Cu-Cd-Zn, ont employé des lames, *de dimensions égales*, de chacun des trois métaux.

Nous avons pensé qu'il était intéressant de voir si, en faisant varier les surfaces relatives des métaux simples employés comme anodes, la composition du dépôt cathodique variait parallèlement.

Les expériences ont été faites sur les dépôts d'alliages cuivre-zinc, en utilisant des anodes bimétalliques formées d'une lame de cuivre et d'une lame de zinc dont le rapport des surfaces pouvait être fixé à volonté.

Les électrolyses étaient effectuées en série dans des bains de cyanures soumis à une agitation rapide. Chaque série comportait cinq bacs qui ne différaient entre eux que par les surfaces relatives des deux métaux anodiques, zinc et cuivre, et un bac de référence dont l'anode était constituée par du laiton ordinaire (66 pour 100 de cuivre, 34 pour 100 de zinc).

Les surfaces relatives Zn/Cu des anodes des cinq bacs correspondaient aux rapports suivants : 5/1, 4/2, 3/3, 2/4, 1/5.

Nous avons fait toute une série d'expériences dont chacune durait 96 heures. Les essais étaient interrompus toutes les 24 heures, et les dépôts analysés. Finalement, le cuivre et le zinc étaient dosés dans le bain. On pouvait suivre l'évolution des dépôts et, la composition initiale du bain étant connue, il était possible d'établir le bilan complet de chaque essai et de mettre en évidence l'évolution de l'électrolyte.

Les résultats obtenus permettent les conclusions suivantes :

1° Avec une anode de laiton, et dans des conditions qui fournissent un

(1) *Trans. of Amer. Electrochem. Soc.*, 61, 1932, p. 363.

dépôt riche en cuivre (80 pour 100 par exemple), on constate que la dissolution anodique du cuivre ne compense pas son dépôt à la cathode : par suite, le bain s'appauvrit en ce métal en même temps que la surface de l'anode prend l'aspect du zinc. Ce dernier phénomène ne se manifeste qu'au bout d'un certain temps mais, à ce moment, la dissolution anodique du zinc devient prépondérante : la concentration du zinc augmente dans le bain. En conséquence, la teneur en zinc du dépôt augmente jusqu'au moment où, le zinc en excès sur l'anode étant dissous, celle-ci reprend l'aspect du laiton.

Il y a manifestement un décalage entre les modifications de l'allure de dissolution anodique et les oscillations correspondantes de la composition de l'alliage déposé. Ce décalage est vraisemblablement dû à un effet d'inertie du bain.

Les oscillations peuvent se continuer pendant toute la durée de l'expérience. Elles correspondent à un phénomène périodique, à une véritable autorégulation par l'anode de la composition du bain et de la composition du dépôt.

Les chiffres ci-dessous justifient cette conclusion quant à la composition de l'alliage cathodique.

Anode de laiton.

Densité de courant : 300 milliampères par décimètre carré de cathode.

	Teneur du dépôt en cuivre au bout de :			
	24 heures.	48 heures.	72 heures.	96 heures.
Pour 100............	57,5	64,2	62,8	66,6

2° Le même phénomène d'autorégulation s'observe avec les anodes constituées par les métaux simples ; mais, si la fréquence d'oscillation est à peu près la même, l'amplitude est beaucoup plus grande comme le montre l'exemple suivant :

Anode n° 2.

Rapport de surfaces Zn : Cu = 5.
Densité de courant : 300 milliampères par décimètre carré de cathode.

	Teneur du dépôt en cuivre au bout de :			
	24 heures.	48 heures.	72 heures.	96 heures.
Pour 100............	36,6	22,5	53,6	50,6

3° D'une manière générale, les expériences montrent que l'amplitude des oscillations constatées est d'autant plus grande que la composition de

l'anode bimétallique s'écarte davantage de celle de l'alliage susceptible de se déposer dans les conditions expérimentales données (composition du bain, densité de courant, température, etc.).

4° Dans le cas d'une anode de laiton, la prédominance de la dissolution anodique du cuivre a pour effet d'enrichir la surface de l'anode en zinc, ce qui conduit à arrêter l'apport de cuivre à l'électrolyte. Ce mécanisme simple est inopérant dans le cas d'anodes bimétalliques. Ici, l'arrêt de la dissolution prédominante de l'un des deux métaux de l'anode s'effectue par l'intermédiaire de couples locaux s'établissant entre les deux métaux et ayant pour conséquence de déposer un métal sur l'autre. Nous avons, en effet, observé que lorsque la demande en cuivre a été par trop forte il se formait un dépôt électrolytique de zinc sur le cuivre de l'anode. L'inverse a été également observé.

II. Nous avons pensé enfin qu'il serait intéressant d'éviter d'imposer à l'avance une composition déterminée au dépôt cathodique et de partir d'une solution de cyanure de potassium exempte des métaux à déposer. Dans ces conditions, l'attaque anodique par l'anion cyanure fait passer en solution du cuivre et du zinc, dans des proportions qui dépendent en premier lieu du rapport des surfaces exposées des deux métaux de l'anode. La teneur du bain en cuivre et en zinc détermine à son tour la composition de l'alliage qui se dépose à la cathode. Une fois un dépôt d'alliage formé, on retrouve les phénomènes décrits ci-dessus, de variations périodiques des trois grandeurs interdépendantes : rapport des vitesses de dissolution anodique des deux métaux, composition de la solution, composition de l'alliage déposé.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur les rayonnements excités par les rayons α dans le fluor*. Note de M. **P. Savel**, présentée par M. Jean Perrin.

Mme I. Curie et M. F. Joliot (1) ont montré que le rayonnement pénétrant excité dans le fluor soumis au bombardement des particules α est en partie au moins composé de neutrons. Nous précisons ici la composition de ce rayonnement, et les relations entre cette émission et l'énergie des particules α.

Nous avons employé pour ce travail une chambre d'ionisation à pression

(1) Mme I. Curie et M. F. Joliot, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 397.

élevée reliée à un électromètre de Koffmann. L'étude préliminaire du fonctionnement de cette chambre montre que l'ionisation produite par les rayons γ (Ra ou Po) augmente considérablement lorsqu'elle est remplie d'argon à 30^{atm}; tandis que l'emploi d'hydrogène à la même pression favorise l'effet des neutrons (projection d'atomes d'hydrogène).

La chambre d'ionisation était remplie soit d'argon pour l'étude des rayons γ, soit d'hydrogène pour celle des neutrons. Des mesures comparatives d'absorption dans des écrans divers de masse superficielle égale renseignent sur la nature du rayonnement étudié. Le fluor sous forme de F^2Ca est irradié par les particules α d'une très forte source de P_0 de 150 millicuries (prêtée par I. Curie et F. Joliot). Pour chaque mesure on fait la correction relative au rayonnement du polonium.

Rayonnements γ et neutron du fluor irradié par les particules α du polonium. — Le fluor émet un rayonnement γ paraissant homogène, de coefficient d'absorption massique dans le Pb $\mu/\rho = 0{,}058$ correspondant à une énergie quantique d'environ $1{,}3.10^6$ ev. L'absorption dans 10 g/cm² de paraffine est plus faible (22 pour 100) que dans 10 g/cm² de Pb (44 pour 100), ce qui montre que l'on a bien un rayonnement composé en majeure partie de photons.

Le rayonnement neutron observé est très pénétrant; il faut $5^{cm},5$ de Pb pour réduire son intensité de moitié. Tandis que 10 g/cm² de Pb absorbent environ 10 pour 100 du rayonnement, un écran de même masse superficielle de paraffine produit une diminution de 70 pour 100, ce qui montre bien que ce rayonnement est en grande partie composé de neutrons.

Excitation des rayonnements γ et neutron. — Le fluorure de calcium est étendu sur une calotte sphérique de $2^{cm},9$ de rayon dont le centre est occupé par la même source de polonium. On fait varier la pression du gaz (CO^2) entre la source et la substance, de façon à irradier celle-ci par des rayons α de différentes énergies.

L'excitation du rayonnement γ commence pour une énergie minimum des particules α de 0,9 à $1{,}2.10^6$ ev. ($R_\alpha = 0{,}6$ à $0^{cm},7$) tandis que l'énergie minimum nécessaire pour l'excitation des neutrons est nettement plus grande 2,5 à 2,7.10 ev ($R_\alpha = 1^{cm},5$).

D'après les expériences de désintégration artificielle du fluor (¹) on doit s'attendre à ce que l'émission de chaque paire de groupes de protons soit

(¹) Chadwick et Constable, *Proc. Roy. Soc.*, 135, 1932, p. 48.

accompagnée d'une radiation γ d'énergie quantique égale à $0,7.10^6$ ev. D'autre part l'émission des protons les plus courts commencerait avec des particules α de $2^{cm},2$ de parcours correspondant à une énergie

$$W_\alpha = 3,4.10^6 \text{ ev.}$$

La différence d'énergie du quantum que nous trouvons (environ $0,6.10^6$ ev.) et surtout celle de la particule α nécessaire pour produire l'excitation (de l'ordre de 2.10^6 ev.) nous obligent à admettre que l'origine d'une partie au moins de ce rayonnement γ est différente.

On peut ici faire la même hypothèse que dans le cas du lithium ([1]); l'émission des photons correspondrait à l'excitation du noyau sans capture de la particule α. A ce rayonnement γ peut se superposer un autre rayonnement de même nature, lorsque l'énergie de la particule α est suffisante pour provoquer la transmutation du noyau avec émission de neutron ou de proton. Une étude plus précise de l'absorption de ce rayonnement serait utile pour vérifier cette hypothèse.

RADIOACTIVITÉ. — *Mesure directe des intensités de la structure fine des rayons α.* Note de MM. **S. Rosenblum** et **P. Chevallier**, présentée par M. A. Cotton.

L'un de nous ([2]) avait montré que plusieurs groupes de rayons α, supposés isocinétiques, étaient en réalité complexes. L'intensité relative de chacune des composantes ayant actuellement un intérêt théorique ([3]), nous nous sommes proposé de l'étudier à l'aide d'un dispositif permettant l'enregistrement individuel des particules α.

Dispositif expérimental. — La source émettrice des rayons α est placée dans un système de deux fentes disposé de la façon habituelle ([4]) mais un compteur, genre Geiger, remplace la plaque photographique comme récepteur du rayonnement. Pour que les trajectoires des rayons α restent concentriques par rapport à l'axe de l'électro-aimant (auquel on fait

---

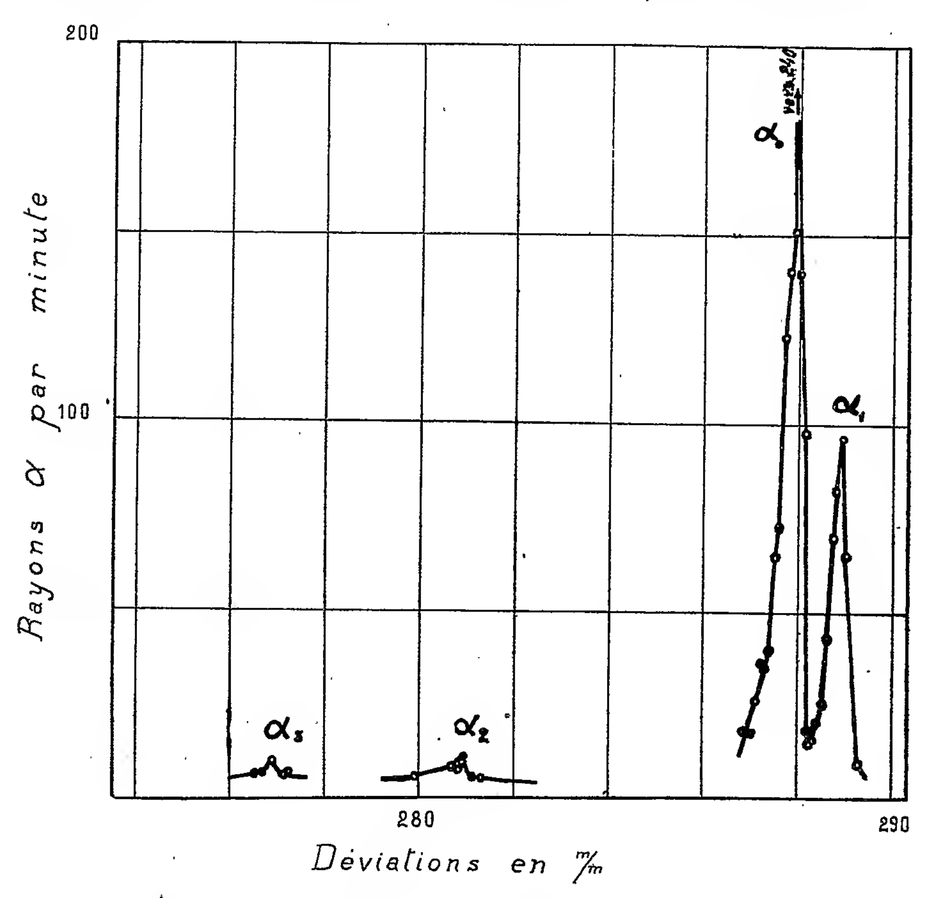
([1]) I. Curie et F. Joliot, *loc. cit.*

([2]) *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1401, et 190, 1930, p. 1124.

([3]) Gamow, *Atomic nuclei and radioactivity* (*Clarendon Press*, 1931) : Ellis et Mott, *Proc. Roy. Soc.*, A., 139, 1933, p. 369 ; Gamow, *Nature*, 131, 29 avril 1933, p. 618.

([4]) Rosenblum, *J. de Phys.*, 1re série, 1, 1930, p. 438.

produire un champ maintenu constant), le compteur et la source se déplacent simultanément à l'aide d'une vis à filets inverses. L'exploration topographique du spectre se fait donc en tournant cette vis à l'aide d'un bouton moleté, tandis qu'un tambour gradué permet la lecture de la distance source-compteur avec une précision de l'ordre du 1/100[e] de millimètre.



Structure fine du thorium C.

La source et le compteur, dont la distance varie entre 25 et 35[cm] environ, sont enfermés dans la chambre à vide décrite précédemment et la manœuvre se fait à l'extérieur par un rodage conique. Cet ensemble, compteur-source et dispositif de commande, pénètre dans la chambre par un rodage plan qui porte également les connexions électriques.

Les impulsions données par les décharges dans le compteur sont transmises par une connexion longue de 2 à 3[m] à l'amplificateur placé dans une

région de champ magnétique faible. L'amplificateur (du modèle habituel à résistance capacité) actionne un haut parleur de contrôle et un dispositif de comptage simple : ce compteur a été réalisé par M. Frilley pour faire la numération des rayons γ par une méthode qui sera décrite ultérieurement. Cet appareil se compose d'un mouvement d'horlogerie dont le balancier a été supprimé et remplacé par une commande par électroaimant. On peut compter un grand nombre de particules, la réponse du totalisateur étant voisine du 1/50e de seconde.

Dans des publications ultérieures, nous espérons pouvoir donner quelques résultats précis. Dès maintenant, nous donnons, pour illustrer la marche de l'expérience, dans la courbe ci-dessus (voir la figure), la répartition de l'intensité des raies fortes du thorium C. Ces résultats préliminaires sont en accord satisfaisant avec les travaux sur la distribution du noircissement obtenus par la méthode photographique et avec les résultats directs obtenus récemment par Lord Rutherford et ses collaborateurs à l'aide de l'électro-aimant spécial existant depuis un an à Cambridge (1).

Il est intéressant de noter que ces essais préliminaires ont été obtenus avec des sources assez faibles équivalentes à 10^{-5} g de radium élément environ. Le dispositif adopté semble être conforme aux exigences et possibilités de Bellevue, les mesures pouvant être effectuées assez rapidement. Ce dispositif ajoute, d'autre part, à l'avantage d'une grande dispersion, la possibilité d'utiliser un angle solide rayonnant assez considérable.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la température d'inflammation des mélanges d'ammoniac et d'air.* Note de MM. **P Laffitte** et **H. Picard**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Les seules déterminations de la température d'inflammation des mélanges ammoniac-air qui aient été faites jusqu'ici sont celles de Holm (2), qui a obtenu la valeur 780° C. Il opérait par la méthode de Dixon, dite des tubes concentriques, qui consiste à envoyer séparément les constituants du mélange par deux tubes concentriques dans un four chauffé à température convenable. Mais, de cette manière, on ne peut connaître la composition exacte du mélange en combustion.

---

(1) *Proc. Roy. Soc.*, 139, 1933, p. 617.

(2) Holm, *Zeit. f. angew. Chem.*, 26, 1913, p. 273.

C'est pourquoi il nous a paru intéressant de déterminer les températures d'inflammation de mélanges ammoniac-air de concentrations variables. Nous utilisions un dispositif expérimental dérivé de la méthode du pyromètre de Mallard et Le Chatelier ([1]) et que nous avons déjà eu l'occasion de décrire ([2]). Le mélange gazeux, préalablement desséché, était envoyé dans le récipient de combustion dans lequel avait été réalisé un vide de $0^{mm},005$ de mercure. Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau suivant :

NH^3 pour 100.											
8,9	11,8	12,0	13,8	18,9	23,3	31,3	35,6	42,7	50,7	53,4	57,4
t^0 C.											
960	940	932	930	928	917	918	922	929	948	950	1002

On voit que, pour des teneurs croissantes en ammoniac, la température d'inflammation décroît d'abord très rapidement, puis passe par un minimum très net aux environs de 23-25 pour 100 d'ammoniac, et enfin croît d'une manière sensiblement linéaire. Quelle que soit la concentration du mélange la température d'inflammation est toujours supérieure à 917°. Ce sont là des valeurs bien supérieures à toutes celles observées jusqu'ici avec les autres mélanges gazeux combustibles. La valeur de 780° donnée par Holm peut difficilement être rapprochée de nos mesures, non seulement parce qu'il employait une méthode ne permettant pas de connaître la composition du mélange à l'endroit où se produit la flamme, mais aussi parce que les températures d'inflammation qu'il a données pour d'autres mélanges gazeux sont très notablement inférieures à celles indiquées par d'autres expérimentateurs. En particulier pour les mélanges hydrogène-air il obtient des valeurs beaucoup plus basses que celles de Dixon qui utilisait cependant la même méthode expérimentale.

Aux températures élevées auxquelles avait lieu l'inflammation dans nos expériences, le four est très lumineux, mais la flamme étant très brillante, surtout au voisinage du minimum de la température d'inflammation, elle peut être observée sans difficulté. Cependant plus on s'éloigne du minimum plus la luminosité de la flamme diminue, taudis que celle du four augmente.

([1]) MALLARD et LE CHATELIER, *Ann. Min.*, 4, 1883, p. 274.

([2]) LAFFITTE et PRETTRE, *Bull. Soc. chim.*, 45, 1929, p. 795. Voir aussi PRETTRE, *Ann. Comb. Liq.*, 6, 1931, p. 7.

C'est pour cette raison qu'il n'a pu être fait de mesures au-dessous de 8,9 et au-dessus de 57,4 pour 100 d'ammoniac. D'ailleurs ces teneurs extrêmes sont fort éloignées des limites d'inflammabilité à la température ordinaire [16,1 et 29,6 pour la propagation ascendante d'après White (¹)]. D'autre part, alors que le *retard* à l'établissement de la flamme est nul au voisinage du minimum, il devient appréciable lorsqu'on arrive à des températures d'inflammation de 940-950°. Mais il est toujours faible et n'atteint jamais une seconde. Par suite de ce faible retard et à cause aussi de la luminosité du four il ne peut être observé de luminosité du mélange avant l'inflammation.

L'emploi d'un *mélange non desséché* au lieu de gaz secs ne modifie pas la température d'inflammation des mélanges ammoniac-air. Les valeurs obtenues en utilisant l'air du laboratoire auquel on ne fait pas subir de dessiccation sont les mêmes que celles du tableau précédent. Mais l'adjonction d'une quantité déterminée d'*hydrogène* abaisse notablement les températures d'inflammation et cela d'autant plus que le mélange est moins riche en ammoniac. Voici par exemple les températures d'inflammation de quelques mélanges ammoniac-air additionnés (*a*) ou non (*b*) de 1 pour 100 environ d'hydrogène.

		23.	30.	34.	37.
NH^3 pour 100		23.	30.	34.	37.
t^0	(*a*)	890	910	912	915
	(*b*)	920	920	922	923

Avec de plus grandes quantités d'hydrogène l'abaissement de la température d'inflammation est plus important encore. Ainsi la présence de 5 pour 100 environ d'hydrogène ramène de 920 à 775° la température d'inflammation d'un mélange à 32 pour 100 environ d'ammoniac et de 926 à 830° celle d'un mélange à 40 pour 100 de NH^3. Pour 10 pour 100 d'hydrogène le mélange ammoniac-air à 37 pour 100 de NH^3 s'enflamme à 785° (au lieu de 923°) et pour 15 pour 100 d'hydrogène la température d'inflammation de ce même mélange est de 675°.

(¹) WHITE, *J. Chem. Soc.*, **121**, 1922, p. 1688.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Détermination cryoscopique de l'hydratation globale des ions du chlorure de sodium*. Note de M. F. **Bourion** et M[lle] **O. Hun**, présentée par M. G. Urbain.

Cette recherche a été conduite, de même qu'un travail analogue relatif au chlorure de potassium [1], en choisissant la constante cryoscopique k' de manière que la constante d'équilibre

$$K_3 = \frac{c^3}{c'} = \frac{3C^2(330\Delta - ak')^3}{4a^2k'^2(3ak' - 330\Delta)}$$

possède la même valeur que dans l'eau [2] soit 3,500. Dans cette relation c, c' et C sont respectivement les concentrations des molécules simple, triple et totale de la résorcine, cette dernière étant exprimée en molécules simples, Δ l'abaissement cryoscopique produit par la résorcine et a la masse de cette substance pour 100^g d'eau.

Nous avons étudié successivement, pour la première fois, les solutions de ClNa 1M, puis, les solutions de ClNa 0,5M qui avaient été examinées par l'un de nous en collaboration avec M. Tuttle [3], mais d'après la méthode des premiers passages par zéro. Dans ce travail, de même que pour les solutions de résorcine dans l'eau et dans le chlorure de potassium, les concentrations sont prises à la température ordinaire (15° C.). Nous avons observé :

	ClNa 1 M ; $k' = 24,28$.		ClNa 0,5 M ; $k' = 21,45$.	
Concentration.	Δ.	K_3.	Δ.	K_3.
0,250	0°,607	2,656	0°,526	2,032
0,375	0,886	2,584	0,774	2,496
0,500	1,163	3,052	1,010	2,743
0,625	1,433	3,417	1,236	2,881
0,750	1,685	3,437	1,4635	3,168
0,875	1,929	3,423	1,679	3,241
1,000	2,170	3,440	1,893	3,334
1,125	2,410	3,478	2,112	3,511
1,250	2,653	3,556	2,324	3,577
1,375	2,890	3,565	2,533	3,602

(1) F. Bourion et E. Rouyer, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1111.
(2) F. Bourion, E. Rouyer et M[lle] O. Hun, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1015.
(3) F. Bourion et Ch. Tuttle, *J. Chim. Phys.*, 26, 1929, p. 291-311.

Concentration.	ClNa 1 M ; $k' = 24{,}28$. Δ.	K₃.	ClNa 0,5 M ; $k' = 21{,}45$. Δ.	K₃.
1,500	3°,134	3,637	2°,744	3,638
1,625	3,366	3,576	2,953	3,641
1,750	3,603	3,551	3,161	3,616
1,875	3,837	3,491	3,3635	3,530
2,000	4,074	3,438	3,5725	3,486
2,125	–	–	3,783	3,436
2,250	–	–	4,0005	3,416
2,375	–	–	4,2185	3,376
2,500	–	–	4,439	3,331

On voit que pour $k' = 24{,}28$, K_3 moyen est 3,5085 pour la solution de ClNa 1 M lorsque la concentration en résorcine varie de 0,750 à 2,000 et que K_3 moyen est 3,4918 lorsque la concentration en résorcine varie de 1,000 à 2,500 avec $k' = 21{,}45$ pour les solutions ClNa 0,5 M. On calcule aisément par extrapolation, en utilisant les valeurs de K_3 correspondant à d'autres grandeurs de k' que $K_3 = 3{,}500$ pour $k' = 24{,}2867$ avec la série ClNa 1 M et pour $k' = 21{,}4448$ dans la série ClNa 0,5 M.

Calcul de l'hydratation globale des ions. — 1° ClNa 1 M. Le pour cent x de l'eau fixé sur le sel est

$$x = \frac{100\,(24{,}2867 - 18{,}4)}{24{,}2867} = 24{,}24.$$

D'autre part, on calcule facilement d'après la connaissance de la densité de la solution ClNa 1 M à 15°C., soit 1,04111, que la masse de chlorure de sodium par 100^g d'eau est 5^g,9535, de sorte que le nombre de molécules d'eau fixé sur une molécule de chlorure de sodium est

$$\frac{24{,}24 \times 58{,}5}{5{,}9535 \times 18} = 13{,}23.$$

L'hydrate correspondant aux solutions ClNa 1 M est donc

$$\text{ClNa}\ 13{,}2\ H^2O.$$

Des expériences relatives à des mesures de nombres de transport des ions pour des solutions de ClNa 1 M ont fourni en tenant compte de l'hydratation individuelle des ions ClNa 12-13 H^2O [1], ClNa 12,4 H^2O [2] tandis que

[1] Baborovsky, Velisek et Wagner, *J. Chim. Phys.*, **25**, 1928, p. 452-481.

[2] Washburn, *Z. Phys. chem.*, **66**, 1909, p. 563; *Amer. Chem. Soc.*, **31**, 1909, p. 322; Kraus, *The Properties of Electrally Conducting Systems*, New-York, p. 201.

des mesures de solubilité de N^2O et C^2H^2 ont donné [1] ClNa $12H^2O$; tous ces résultats qui correspondent à la température ordinaire sont voisins de ceux que nous avons obtenus.

2° ClNa 0,5M. En conduisant le calcul comme nous venons de le faire pour les solutions de ClNa 1 M, on trouve pour les solutions de ClNa 0,5M, dont la densité à 15°C. est 1,02091, et en prenant la valeur $k' = 21,4448$ indiquée précédemment que l'hydrate correspondant est

$$\text{ClNa}\ 15,6\ H^2O$$

de degré plus élevé que celui des solutions ClNa 1 M. En comparant ces résultats à ceux qu'ont fournis les solutions correspondantes de chlorure de potassium (*loc. cit.*), on voit que les ions sodium sont notablement plus hydratés que les ions potassium.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la précipitation rayonnée du carbonate de strontium.* Note de Mlle SUZANNE VEIL, présentée par M. G. Urbain.

Un examen cinématographique antérieur des anneaux de Liesegang [2] a montré que leur génération comporte des étapes diverses, à partir du dépôt de la goutte de nitrate d'argent aqueux sur la gélatine bichromatée. La préparation emprunte transitoirement un aspect rayonné, lorsque la collerette de chromate d'argent précipité, ceinture primitive de la goutte déposée, se hérisse de protubérances. Ultérieurement, la stratification qui prend naissance dans les intervalles des protubérances devient prédominante, tandis que les protubérances elles-mêmes tendent les unes et les autres à s'effacer.

Dans d'autres cas cependant, le stade de précipitation rayonnée pré-annulaire peut assumer beaucoup plus d'importance. La précipitation rayonnée cessant alors d'être fugitive survit à la précipitation annulaire, dont elle constitue le prélude, et elle conserve un développement plus ou moins étendu. La précipitation du carbonate de strontium, dans des conditions appropriées, est susceptible de manifester une telle morphologie.

Une figure de précipitation, telle que celle reproduite ci-après, résulte éventuellement, en effet, de l'apposition d'une goutte de chlorure de strontium aqueux sur de la gélatine imprégnée de carbonate de potassium.

---

(1) MANCHOT, JAHRSTORFER et ZEPTER, *Z. anorg. chem.*, 141, 1924, p. 38-81.
(2) SUZANNE VEIL et L. BULL, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 282.

Dans la région immédiatement contiguë à la goutte de chlorure de strontium, le précipité se répartit tout d'abord de manière sensiblement uniforme, en une zone opaque résoluble en cristaux individuellement discernables au microscope. A un moment donné, toutefois, l'opacité de la goutte perd son uniformité : des inégalités d'épaisseur apparaissent, en directions radiales. La réaction poursuivant sa progression, seules les régions les plus

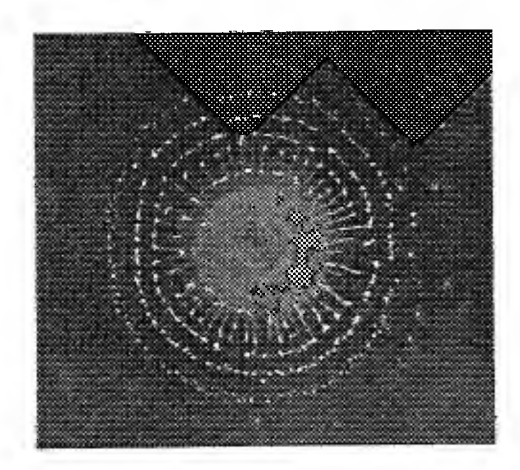


Figure de précipitation du carbonate de strontium dans la gélatine.

épaisses gagnent du terrain, et garnissent la préparation d'autant de protubérances. Ces protubérances, de beaucoup plus accusées que dans le cas de Liesegang, peuvent étendre très notoirement le domaine constitué par l'ensemble de la goutte et de sa ceinture compacte. En général, au cours de leur longueur, elles comportent plusieurs renflements. Les derniers renflements de chacune d'entre elles semblent marquer, dans une certaine mesure, le début de la phase périodique de la réaction, ou en d'autres termes, l'emplacement d'un premier anneau.

Désormais le précipité, dépouillant sa structure rayonnée, se répartit en petits amas disposés en anneaux successifs. Il constitue parfois aussi des strates ouvertes formant spirales.

Dans la présente réaction, la précipitation annulaire, nettement postérieure à la précipitation rayonnée, ne l'annihile donc pas, et les deux modes de précipitation coexistent dans la figure finale.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Structure des hétérosides d'après leurs spectres d'absorption.* Note [1] de Mme **Ramart-Lucas** et M. **Rabaté**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Les méthodes qui ont jusqu'ici permis d'établir la structure de certains hétérosides font intervenir des réactions chimiques longues et délicates. De plus, au cours des métamorphoses que l'on fait subir à ces substances par l'emploi de telles méthodes, des transpositions intramoléculaires sont toujours à craindre et ceci rend parfois incertaines les conclusions auxquelles on aboutit.

D'autre part, les études qui ont été faites sur l'absorption de la lumière par ces composés [2] sont restées qualitatives et n'ont eu pour but que d'apporter une contribution à la connaissance de leurs caractères et d'aider à leur identification.

Or la connaissance des relations qui lient la structure des molécules et leur absorption dans l'ultraviolet doit permettre, par l'étude des spectres de ces hétérosides, non seulement de déterminer la structure du groupement prosthétique, mais encore la position occupée dans la molécule par le radical correspondant aux sucres présents.

Observons que les sucres sont, en solution neutre, transparents pour les longueurs d'onde plus grandes que 2200 U.Å. Comme les oses donnent les réactions des aldéhydes et des cétones, on peut en déduire que, en solution neutre, ces substances sont en équilibre sous les deux formes semi-acétal ⇌ aldéhyde ou cétone. Ces dernières formes ne figurant dans le mélange qu'à l'état de traces.

Il en est de même lorsque la molécule de sucre est unie à un radical alcoyle. Nous avons mesuré l'absorption du méthylglucoside β et nous avons constaté qu'il ne possède pas de bandes définies pour $\lambda \geqq 2150$ U.Å.

En sorte que si, dans un hétéroside, la molécule de sucre se trouve fixée sur une chaîne aliphatique, cet hétéroside doit sensiblement avoir la même couleur que le groupement prosthétique.

---

(1) Séance du 8 mai 1933.

(2) Tomokachi Tasaki, *Journ. Chem. Soc. Jap.*, 47, 1926, p. 234, 299, 432, 481; V. Brustier, *Thèse Doctorat Médecine*, Toulouse, 1926; L. Péchon, *Thèse de Pharmacie*, Paris, 1931.

C'est effectivement ce que nous avons constaté en mesurant l'absorption de l'amygdaloside, de l'amygdonitrile glucoside, du benzylglucoside β, du phényléthylglucoside β. La position des bandes de chacun de ces hétérosides est identique à celle du groupement prosthétique correspondant. La figure 1 contient (courbe 1) du phényléthylglucoside β et de l'alcool phényléthylique (courbe 2). La figure 2 contient les courbes de l'amygdonitrile glucoside (courbe 1) et du méthylamygdonitrile (courbe 2).

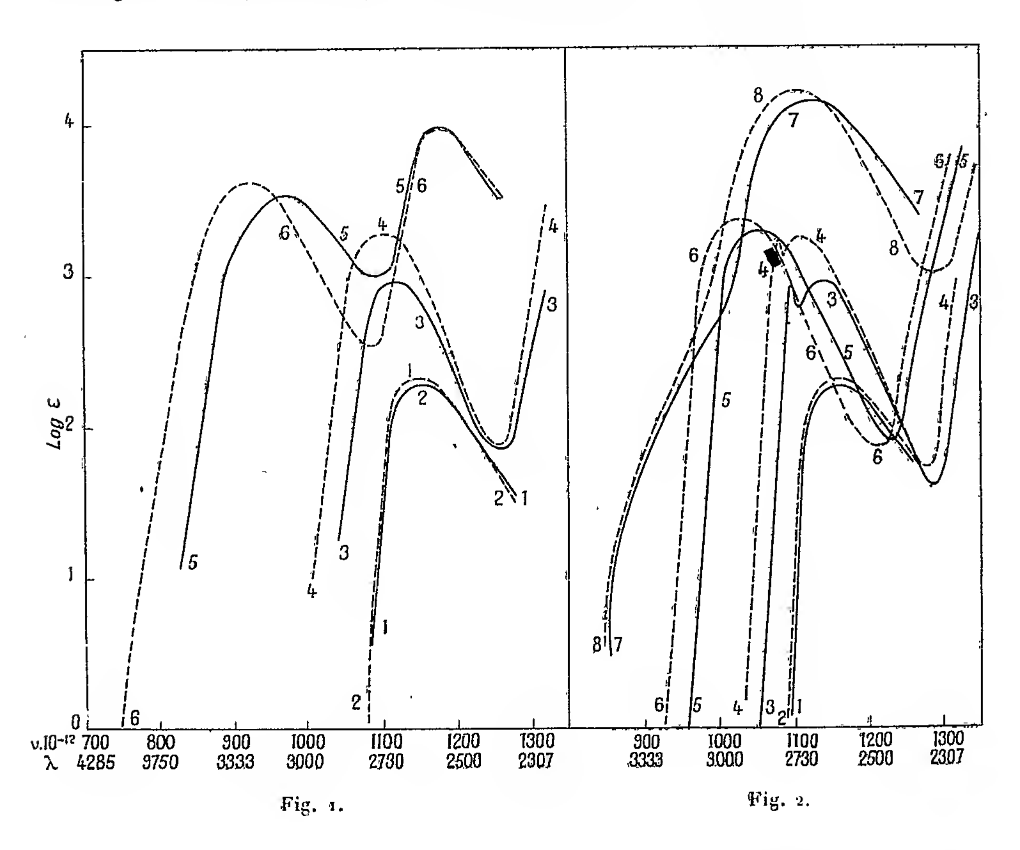


Fig. 1.

Fig. 2.

Si au lieu de se trouver engagé sur une chaîne aliphatique, le sucre est fixé sur un noyau aromatique, la couleur du groupement prosthétique peut être différente de celle de l'hétéroside.

Afin de déterminer cette variation de couleur dans le cas le plus simple, nous avons effectué la synthèse du phénylglucoside β et nous en avons mesuré l'absorption (*fig.* 2, courbe 3).

Nous avons constaté que l'estérification de la fonction phénol par un sucre provoque un déplacement de l'absorption vers l'ultraviolet et une

diminution de l'intensité de cette absorption par rapport à celle de l'anisol (*fig.* 2, courbe 4) (le phénol a la même absorption que l'anisol).

Le même phénomène est observé pour le picéoside, le salicoside, l'hélicoside, l'arbutoside, le méthylarbutoside. La figure 1 contient les courbes de l'hélicoside (courbe 5) et de l'aldéhyde salicylique (courbe 6). La figure 2 contient les courbes de l'arbutoside (courbe 5) et de l'hydroquinone (courbe 6); du picéoside (courbe 7) et de la *p*-méthoxyacétophénone (courbe 8). Enfin nous avons mesuré l'absorption des deux glucosides isomères dérivés du saligénol et nous avons constaté, en accord avec ce qui précède, que le salicylglucoside a pratiquement la même absorption que le saligénol (*fig.* 1, courbe 4), alors que le salicoside (*fig.* 1, courbe 3) est plus transparent (diminution de l'intensité d'absorption, recul des bandes vers l'ultraviolet).

Cette diminution d'absorption dans le cas où les fonctions phénols sont combinées à des molécules de sucre explique la constatation faite depuis longtemps : que les matières colorantes qui sont constituées par des estérosides ont leurs bandes d'absorption plus proches de l'ultraviolet que les groupements prosthétiques correspondants.

En résumé, les premières recherches en vue d'établir la structure des estérosides d'après leur spectre d'absorption ont déjà permis de montrer que non seulement on peut déterminer dans beaucoup de cas la structure du groupement prosthétique, mais encore discerner si, dans un estéroside, la molécule de sucre est fixée sur une chaîne ou sur un noyau aromatique. Dans le premier cas, les positions des bandes d'absorption les plus proches du visible sont les mêmes pour le groupement prosthétique et l'estéroside; dans le second cas, l'estéroside est plus transparent que le groupement prosthétique (déplacement des bandes vers l'ultraviolet, diminution de l'intensité d'absorption).

PHYSICOCHIMIE APPLIQUÉE. — *Sur la photolyse de l'essence de cracking.* Note de MM. **E. Vellinger** et **G. Radulesco**, présentée par M. J. Perrin.

On sait que l'essence destinée à l'alimentation des moteurs à explosion est obtenue par distillation du pétrole brut ou par décomposition des hydrocarbures lourds à des températures élevées. La quantité d'essence fabriquée par ce dernier procédé, dit de cracking, est très importante.

L'essence de cracking présente de grands avantages, mais aussi de graves inconvénients. Elle possède une très haute valeur antidétonante, ce qui permet de réaliser de fortes compressions dans les moteurs ([1]). Malheureusement ces avantages sont compensés, en partie, par des défauts auxquels on peut remédier cependant dans une certaine mesure. Parmi ces défauts il faut noter en premier lieu la tendance au gommage. Il apparaît dans l'essence durant sa conservation un produit non volatil, d'une nature poisseuse et que les auteurs anglo-saxons ont appelé la gomme. Ce produit résulte de l'oxydation et de la polymérisation des constituants altérables de l'essence parmi lesquels il semble y avoir surtout des hydrocarbures non saturés à une ou plusieurs doubles liaisons.

L'altération de l'essence de cracking est un phénomène lent au début, mais qui s'accélère considérablement après des temps variables selon le traitement qu'a subi cette essence. Il y a un très grand intérêt pratique de pouvoir déterminer sur le produit neuf la tendance au gommage. Pour cela on a préconisé un vieillissement artificiel en soumettant l'essence à une température élevée par exemple.

Nous avons tenté d'étudier l'altération de l'essence de cracking en suivant l'absorption d'oxygène durant la photolyse. Les échantillons d'essence sont soumis dans des vases en verre pyrex au rayonnement de mercure. On mesure la quantité d'oxygène absorbé en fonction du temps d'irradiation, soit avee un dispositif à pression constante, soit avec un dispositif à volume constant analogue à celui utilisé par Moureu et Dufraisse dans leurs études de l'autooxydation (voir S. Dufraisse et R. Chaux, *C. R. Premier Congrès de la sécurité aérienne*, 1930).

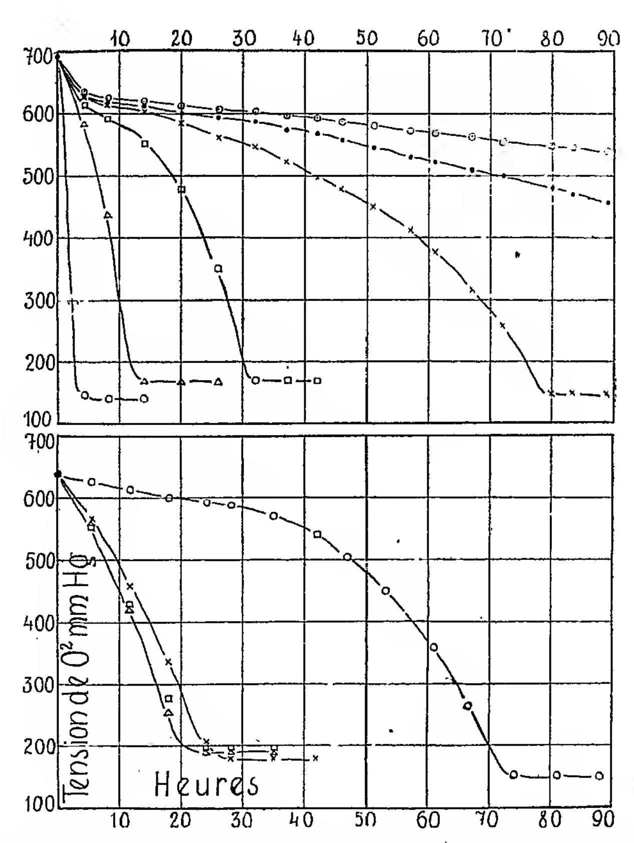
Dans cette dernière méthode suit la diminution de la tension de l'oxygène en fonction du temps d'irridiation. On obtient ainsi des courbes présentant de grandes variétés d'allure et traduisant l'oxydabilité des échantillons d'essence sous l'action du rayonnement. Il existe un parallélisme entre la vitesse d'absorption d'oxygène et la quantité de gomme formée. On trouve la plus forte quantité de gomme pour les échantillons présentant une courbe à chute rapide et les plus faibles pour les échantillons présentant une période d'induction.

Cette méthode nous a permis l'étude d'un certain nombre de photosensibilisateurs et de photoinhibiteurs dont l'action se traduit par une augmentation ou par une diminution de la vitesse d'oxydation photochimique.

([1]) Voir P. Dumanois, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 827; 187, 1928, p. 892.

Certains photoinhibiteurs fonctionnent comme antioxygènes à l'obscurité et jouent un rôle considérable dans la conservation de l'essence.

La quantité d'oxygène absorbée durant la photolyse par certains échantillons d'essence de cracking peut être extrêmement considérable et



En haut : Courbes d'absorption d'oxygène en fonction du temps d'irridiation pour différents échantillons. — *En bas :* Action d'un photosensibilisateur (□△) et d'un photoinhibiteur (○) sur un échantillon d'essence de cracking × (Témoin).

dépasser 30 volumes. Au début de l'oxydation la quantité de gomme formée est, à peu de chose près, proportionnelle à la quantité d'oxygène absorbée et proportionnelle au temps d'irridiation. Petit à petit l'absorption de l'oxygène diminue et semble tendre vers une limite qui dépend du traitement qu'a subi l'essence. La quantité de gomme formée est alors considérable. Une partie se sépare de l'essence par décantation en formant au fond du vase une couche d'un liquide résineux fortement coloré.

Il résulte de ce qui précède que la photolyse peut servir de criterium

pour caractériser l'altérabilité de l'essence, c'est-à-dire sa tendance au gommage. Elle permet une vérification rapide de l'efficacité du raffinage et de la qualité des inhibiteurs destinés à la protection de l'essence.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *Les premières soudières françaises.* Note de M. **Paul Baud**, présentée par M. Camille Matignon.

Dans une précédente Communication ([1]), nous avons reconstitué la « Manufacture de soude », qui s'élevait à Maison de Seine, nous réservant de chercher si quelque antériorité, pour des essais industriels de la même importance que ceux de Nicolas Leblanc, pouvait s'admettre en faveur de certains chimistes, notamment Carny, Alban et Chaptal, dont les noms figurent dans le Rapport établi par Darcet, Lelièvre et Pelletier, à la demande du Comité de Salut public.

Sur ce point de notre Histoire industrielle quelques dates sont à rappeler ([2]) :

1779. Expériences d'Athénas au « port de Croisic » ([3]), le 16 août, en présence de Grignon, après vérification, au cours de 1778 et de 1779, des essais du Père Malherbe, par Macquer et Montigny;

1781. Achat, par Chaptal, des terrains de La Plane, près Montpellier;

1782. Mémoire adressé, par Guyton de Morveau, le 16 février, au Contrôleur général des Finances ([4]);

Privilège de 15 ans accordé, le 16 avril, à Athénas et à ses associés, Jourdan et La Bernardière, qui veulent établir une « Manufacture de soude artificielle » dans les environs de Nantes « en Bretagne » ([5]);

1783. Fondation, par Louis XVI, du « prix de l'alcali » à proclamer à la Saint-Martin de la même année ([6]);

([1]) Paul Baud, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 701.

([2]) Pour les essais de Hagen, Liephard, Kirwan, Bergmann, Cohausen, Macquer, Duhamel, ..., voir C(harles) C(oquebert), *Journal des Mines*, frimaire an III, pp. 29 et suiv.

([3]) On s'étonne de lire : « Croissic en Picardie » dans Lunge (*Traité de la fabrication de la soude*, 2e édition, trad. Naville, 2, p. 301), et dans E. Sorel (*Encyc. Frémy*, 5, p. 542).

([4]) Arch. Nat., F[12] 997. Cf. *Observations et Mémoires sur la Physique*, 34, p. 44.

([5]) Arch. Nat., F[12] 30.

([6]) Cf. *Mémoires secrets pour servir à l'histoire de la République des Lettres* depuis 1792, 23, p. 256.

Privilège de 15 ans accordé, le 23 septembre, à Hollenweger (¹), à condition d'installer son usine à 15 lieues de Nantes;

1784. Premiers essais de Nicolas Leblanc;

1788. Arrêt du 23 août révoquant les privilèges accordés antérieurement « au Sr Athénas, au Sr de Morveau et au Sr Hollenweger, *faute d'avoir formé leurs établissements dans un temps utile* », mais accordant un nouveau privilège à Guyton de Morveau et au marquis de Bullion d'établir des soudières artificielles dans la Bretagne, le Poitou, l'Aunis, la Saintonge, la Flandre maritime, ... (²) »;

1789. Publication du *Discours préliminaire*, de La Métherie, et dépôt, le 4 mars, par Carny et Géraud de Fontmartin, d'un Mémoire, déjà soumis à Berthollet et comprenant la description de 11 procédés de fabrication; puis expériences de Nicolas Leblanc « répétées dans le laboratoire de chimie du Collège de France, sous les ieux de M. Darcet, et dont le secret a été déposé sous le cachet le 26 mars (³) »;

De *fin* **1790** *à février* **1794**. Construction et mise en activité de l'usine de Maison de Seine, arrêtée au lendemain de la mort de Philippe-Égalité et rendue à Nicolas Leblanc le 17 floréal an VIII.

Reprenant le Rapport des Commissaires nommés le 8 pluviôse an II, nous laisserons les expériences de Souton, Duboscq, Huon, Valentino, sans intérêt pratique, pour retenir celles de Carny, Alban et Chaptal, dont les fabriques sont, en 1791, en marche normale.

Expériences de Carny. — Propriétaire d'une manufacture, rue de Harlai au Marais, n° 11, qui fournit annuellement « 60 milliers » d'acide muriatique, Carny dépose, le 30 janvier 1792, un nouveau Mémoire, après avoir réalisé des essais devant De Servières, Parmentier et Berthollet, « dans ses ateliers de la Maison Blanche » (⁴). Signé de Tissot, un décret du 6 brumaire an III lui accorde une avance de 60000 livres et la location d'un jardin et d'une maison, entre la rue Saint-Gilles et le boulevard [du Pont aux Choux], pour la construction d'une soudière produisant chaque année « 60 milliers de soude artificielle ».

Ce projet ne sera pas exécuté, Carny s'occupant par la suite de « la fabrication révolutionnaire du salpêtre » et ne montant la manufacture de Dieuze qu'en 1802 (?).

Essais d'Alban. — Le 7 floréal an II, la Commission assiste aux expériences du Directeur de la manufacture de Javel (⁵) et les juge assez concluants pour que le Comité puisse « mettre promptement en activité l'extraction de la soude ». Or, dans

---

(¹) *Loc. cit.*, note (⁵) de la page 1500.

(²) Arch. Nat., F¹²31, pp. 67 et 68.

(³) *Loc. cit.*, note (⁴) de la page 1500.

(⁴) Ancien rendez-vous de chasse du Prince de Conti, à la hauteur de la rue Payen actuelle (15ᵉ arr.). Cf. *Archives de la Seine*, Coll. Lazare, 12, n° 2798.

(⁵) Située non loin du Moulin de Javel, à la hauteur des Usines Citroën actuelles, Cf. L. Lambeau, *Vaugirard*. Paris, Leroux, 1912, pp. 72 et suiv.

le *Guide des Amateurs et Étrangers voyageurs à Paris* (1), édité *en* 1787, on lit que « les Entrepreneurs sont parvenus à force d'essais, à réussir *parfaitement* dans l'alkalisation du sel marin ». Le *Journal de Normandie* confirme le fait. Mais, dans une requête présentée le 15 octobre 1790, Peters et Alban, qui insistent sur le « sel de soude » (lisez : sulfate) et l'alun, ne font aucune allusion à la soude artificielle.

Expériences de Chaptal. — Si, dans la troisième édition seulement des *Élémens de Chymie* (2), Chaptal indique que, dans sa manufacture de Montpellier, on obtient, *depuis longtemps*, de la soude avec la litharge et le « muriate », en notant que les opérations demandent 24 heures, il ne rappelle en rien cette fabrication dans ses Mémoires (3), alors qu'il cite, avec une certaine complaisance : les différents acides, les couperoses, le sel ammoniac, l'alun de Saturne...

Pour l'usine de La Plane, comme pour celle de Kirwan, la soude n'a été qu'un sous-produit de la réaction de Scheele, tendant à la production du Jaune de Türner.

On doit conclure de ces faits que la manufacture de Nicolas Leblanc fut bien la première « soudière » française, si l'on entend par là la première usine montée pour la fabrication du carbonate au départ du sel marin, en reconnaissant toutefois que les ateliers de Javel durent, dès 1794, réduire l'importation des soudes étrangères, la méthode du Père Malherbe, reprise par Alban, paraissant avoir retenu, jusqu'aux premiers temps de l'Empire, l'attention des fabricants : Pelletaz à Rouen, Pluvinet à Clichy, Gauthier à Saint-Denis, Payen à Grenelle (4).

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur la structure électronique du carbone éthylénique.*
Note de M. **G. Allard**, présentée par M. G. Urbain.

Dans une Note précédente (5), j'ai montré comment la mécanique ondulatoire conduit à attribuer un moment électrique à chaque liaison entre deux atomes, que cette liaison soit hétéropolaire ou homopolaire au sens de la théorie d'Heitler-London. Il est d'ailleurs évident que si les fonctions d'onde de ces deux atomes sont identiques, le moment électrique sera nul. Comme la liaison entre un atome de carbone forménique C (c'est-à-dire dont les quatre valences sont saturées par quatre radicaux, différents ou non, mais distincts) et un carbone éthylénique C′ (échangeant une double liaison avec un autre atome de carbone) est certainement homopolaire et

(1) M. Thierry, *Guide des Amateurs et des Étrangers voyageurs à Paris*. Paris, Hardouin et Gattey, 2, p. 642. Cf. *Journal de Normandie*, Arch. Nat. F12 652.
(2) *Elémens de chymie* (3e édition), Paris, Deterville, an V, 1, p. 339.
(3) Chaptal, *Mes souvenirs sur Napoléon*. Paris, Plon, 1893, p. 30.
(4) Arch. Nat. F12 2456. Olim 95334.
(5) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1095.

que l'expérience (1) indique que cette liaison est le siège d'un moment électrique, on doit en conclure que les fonctions d'onde du carbone forménique et du carbone éthylénique sont différentes. On pourrait peut-être penser que, dans une double liaison, l'un des carbones est un ion C^+ et l'autre un ion C^-, qui ne seraient plus que trivalents du point de vue homopolaire, ce qui suffirait pour modifier la fonction d'onde et la rendre différente de celle d'un carbone neutre ; mais ceci impliquerait que la double liaison $C' = C'$ elle-même soit le siège d'un moment électrique important qui devrait se retrouver dans l'éthylène C^2H^4 : or ce dernier corps accuse un moment électrique nul. Il faut donc que le carbone éthylénique soit lui-même tétravalent, tout comme le carbone forménique.

On peut néanmoins lui attribuer des fonctions d'onde différentes de celle du carbone forménique en s'appuyant sur la théorie des valences dirigées de Pauling (2) dont j'utiliserai les notations pour abréger. Il montre que, pour un élément tétravalent ne mettant en jeu que des électrons s et p, on doit prendre comme fonctions d'onde les combinaisons :

$$\frac{1}{2}(s + p_x + p_y + p_z),$$

$$\frac{1}{2}(s + p_x - p_y - p_z),$$

$$\frac{1}{2}(s - p_x + p_y - p_z),$$

$$\frac{1}{2}(s - p_x - p_y + p_z),$$

qui représentent quatre valences équivalentes dirigées vers les sommets d'un tétraèdre. Mais il y a une autre possibilité qu'il indique lui-même pour le cas où il n'y aurait que trois électrons disponibles, mais qui rend bien compte des propriétés de la double liaison, et qui est la suivante :

$$\frac{1}{\sqrt{3}}s + \sqrt{\frac{2}{3}}p_x,$$

$$\frac{1}{\sqrt{3}}s - \frac{1}{\sqrt{6}}p_x + \frac{1}{\sqrt{2}}p_y,$$

$$\frac{1}{\sqrt{3}}s - \frac{1}{\sqrt{6}}p_x - \frac{1}{\sqrt{2}}p_y,$$

$$p_z.$$

(1) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1455.

(2) *J. of Am. Chem. Soc.*, 53, 1931, p. 1367.

Les trois premières fonctions représentent trois valences situées dans un même plan et à 120° l'une de l'autre, la quatrième étant normale au plan des trois autres. On peut admettre que, dans un groupe $C' = C'$, l'une des liaisons est représentée par l'une des trois premières fonctions, l'autre par la quatrième; la première ayant un maximum beaucoup plus accentué que la quatrième, c'est elle qui se trouvera dans la direction des noyaux, l'autre liaison correspondant par suite à une énergie très faible, empêchant seulement la libre rotation des atomes autour de leur ligne des centres.

On aboutit ainsi à un schéma dans lequel une des liaisons est extrêmement faible et sera par suite facilement rompue et dans lequel les autres valences doivent faire entre elles un angle de 120°, s'accordant par suite admirablement avec l'hexagone de Kékulé. On vérifie facilement que les propriétés de symétrie de la fonction d'onde globale, pour les deux atomes de carbone, sont très voisines de celles qu'avait trouvées Hückel (1). Il faut d'ailleurs noter que cette conception de trois valences à 120° et d'une quatrième normale au plan des trois autres avait déjà été suggérée par Mme Lonsdale (2) à la suite d'une étude aux rayons X de la structure de l'hexaméthylbenzène $C^6(CH^3)^6$.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Perfectionnement à la méthode de Carnot pour le dosage du fluor.* Note de MM. **H. Herlemont** et **J. Delabre**, présentée par M. H. Le Chatelier.

On sait que la méthode classique de dosage du fluor indiquée par A. Carnot (3) consiste à attaquer les produits fluorés par l'acide sulfurique en présence de silice; le fluorure de silicium est absorbé par une solution concentrée de fluorure de potassium, et l'on pèse le fluosilicate de potassium ainsi obtenu. Ce procédé de dosage donne toujours des résultats trop faibles; les hypothèses généralement admises pour expliquer cette erreur sont, soit la formation d'un composé oxyfluoré $SiOF^2$ stable dans les conditions de l'expérience, soit le départ d'une petite quantité d'acide fluorhydrique libre (4).

---

(1) *Zeit. für Physik*, 60, 1930, p. 423.

(2) *Proc. Roy. Soc. Lond.*, (A), 123, 1929, p. 494; *Trans. Farad. Soc.*, 25, 1929, p. 352.

(3) Carnot, *Traité d'Analyse des substances minérales*, 2, p. 394.

(4) Daniel, *Z. anorg. Chem.*, 38, 1904, p. 290.

Nous proposons pour ce dosage l'emploi de ferro-silicium à 75 pour 100 de silicium, qui s'attaque plus facilement que la silice. Nos expériences permettent, en outre, d'expliquer la cause d'erreur de la méthode de Carnot.

Nous avons opéré comme l'indique cet auteur; nous nous sommes appliqués tout particulièrement à éviter l'action de toute trace d'humidité [1]. On introduit tout d'abord dans la fiole d'attaque la prise d'essai de la matière fluorée contenant au maximum 0g,1 de fluor et 2g environ de ferro-silicium en poudre. Après un séchage parfait de l'appareil par un courant d'air sec, on verse au moyen d'une ampoule à robinet l'acide sulfurique concentrée (66° Bé) et l'on chauffe progressivement jusque vers 140°. On termine comme il est indiqué dans le Traité de Carnot.

Dans le tableau suivant nous avons résumé les résultats de quelques analyses en employant successivement la méthode à la silice et la méthode au ferro-silicium :

Produit analysé.	Méthode à la silice.	Méthode au ferro-silicium.	Écart entre les deux méthodes pour 100 de F.
Fluorure de calcium pur	89,2 CaF^2 %	99,9 CaF^2 %	10,7
Apatite naturelle	2,87 F %	3,24 F %	11,4
Cryolithe artificielle	44,7 »	51,3 »	12,8
Phosphate de chaux naturel (Maroc)	4,1 »	4,5 »	8,6
Phosphate d'Égypte	3,5 »	3,9 »	11,7
Phosphate bicalcique industriel	0,54 »	0,58 »	6,9

Il est important de remarquer que l'emploi du ferro-silicium conserve tous ses avantages même en présence d'une grande quantité de silice dans le produit à analyser; le dosage du fluor contenu dans le fluorure de calcium donne les mêmes résultats suivant qu'on le traite pur ou mélangé de silice. Ces expériences infirment donc nettement la formation d'un composé stable du genre $SiOF^2$.

Si l'on fait passer le gaz provenant de l'attaque d'un fluorure, en présence de silice, dans un ballon contenant du ferro-silicium et de l'acide sulfurique, on constate qu'il se forme une nouvelle quantité de fluorure de silicium et l'on arrive ainsi sensiblement au résultat exact. D'autre part, bien que la méthode ne soit pas pratique, on peut effectuer le dosage du fluor en titrant

(1) Bayle et Amy, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 792.

à la soude les gaz dissous dans l'eau du laveur final. On dose ainsi, en même temps, l'acide fluorhydrique libre et celui qui est combiné au silicium. Dans ces conditions, on obtient exactement les mêmes résultats, que l'attaque soit conduite en présence de silice ou en présence de ferro-silicium.

On peut donc conclure que le ferro-silicium à 75 pour 100 de Si est beaucoup plus attaquable que la silice et permet d'éviter un départ prématuré d'acide fluorhydrique. Ce perfectionnement nous a permis de doser le fluor avec exactitude dans un très grand nombre de corps, en particulier dans les phosphates de chaux naturels dont nous étudions actuellement la constitution.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Le cholestérol réactif microchimique des acides de la série acétique.* Note de M. **Georges Denigès**, présentée par M. A. Desgrez.

Le cholestérol se dissout très facilement, à chaud, dans l'acide acétique et reprend la forme solide, par refroidissement, lorsque sa concentration devient suffisante ou, encore, par évaporation complète de cette solution.

Il se présente, alors, en longues aiguilles anhydres qui ne sont pas, comme on l'avait cru d'adord, constituées par du cholestérol anhydre : $C^{27}H^{46}O$, tel que le donnent les solutions chloroformiques ou éthérées de ce corps, quand on les évapore, mais qui résultent, comme on le sait aujourd'hui, d'une combinaison moléculaire de cet alcool complexe avec l'acide acétique, de formule : $C^{27}H^{46}O, C^2H^4O^2$ dans laquelle 1 molécule d'acide acétique remplace 1 molécule d'eau dans le cholestérol hydraté : $C^{27}H^{46}O; H^2O$.

Les homologues supérieurs de l'acide acétique ainsi que ses dérivés halogénés fournissent, comme nous l'avons constaté, des combinaisons analogues, mais d'aspect microscopique différent suivant l'acide mis en œuvre.

Nous avons pensé à utiliser cette propriété pour identifier, par voie microchimique, de faibles quantités de ces acides.

Lorsque le produit à examiner est liquide, ce qui est le cas le plus fréquent, il suffit de déposer, sur une lame porte-objet, quelques parcelles, groupées de cholestérol ordinaire (cholestérol hydraté) d'un poids ne dépassant pas 1^{mm} et on les humecte d'une fine gouttelette de l'acide essayé.

Avec ceux de ces acides dans lesquels le cholestérol est peu soluble à froid, tels que les acides acétique et propionique, la différenciation se fait très vite.

En examinant la préparation à un grossissement de 75 à 130 diamètres, sans la recouvrir d'une lamelle, on constate que le réactif cholestérique qui se présente sous l'aspect de cristaux rhombiques allongés est rapidement attaqué par l'acide et se hérisse de fines aiguilles, à extrémités généralement pointues, avec l'*acide propionique;* d'aiguilles prismatiques, beaucoup plus fortes et trapues, rayonnant et groupées en pinceaux ou rosaces, avec l'*acide acétique*.

Toutefois, ce qui caractérise surtout le premier, c'est la formation à la périphérie de la préparation dès que la solution commence à s'évaporer et surtout quand elle est desséchée, d'un lacis d'aiguilles presque capillaires, très longues et la plupart incurvées, dont l'ensemble représente comme un chevelu d'autant plus fourni que la dessiccation est plus complète. Rien de tel ne s'observe avec l'acide acétique.

Quant à l'acide formique, composé aberrant dans sa série par suite de sa fonction conjuguée d'acide-aldéhyde, il ne donne pas de cristaux spéciaux avec le cholestérol.

Dans les autres acides gras liquides (butyrique, valérianique, etc.) le cholestérol est beaucoup plus soluble que dans les précédents. Il y a alors avantage à laisser évaporer spontanément, soit à la température ordinaire, soit sur plaque métallique légèrement chauffée, la solution du réactif dans la gouttelette d'acide mise à son contact.

Lorsque l'évaporation est totale, on pratique l'examen microscopique comme précédemment et aux mêmes grossissements. Non seulement l'aspect de la préparation varie suivant le degré de condensation de l'acide examiné, mais il permet même de distinguer, par exemple, deux isomères aussi voisins que les acides ortho et isobutyrique, le premier donnant, avec le cholestérol, de longues aiguilles prismatiques, visibles même à la loupe, et le plus souvent divergeant d'un centre d'où elles s'effilent en allant vers la périphérie; le second, au contraire, fournissant des masses réfringentes à contour courbe et bien limité [1] comme une cellule, dans l'intérieur desquelles se trouvent des arborisations cristallines finement déliées.

---

[1] En réalité, le pourtour de ces masses est formé d'un fin liséré cristallin aux angles alternativement entrant et sortant, visible dans ses détails à un fort grossissement.

Pour ceux de ces acides qui sont solides à la température ordinaire, tels que les dérivés mono et trichlorés de l'acide acétique, on opère en évaporant à sec une goutte de leur solution aqueuse ou alcoolique suffisamment concentrée, après sa mise en contact avec le réactif cholestérique. Même en présence de l'eau, l'acide trichloracétique, par exemple, chasse dans ces conditions la molécule d'eau de cristallisation du cholestérol hydraté et s'y substitue en donnant des cristaux caractéristiques.

Cette méthode d'identification des acides de la série acétique se recommande par la petite quantité de substance nécessaire pour la mettre en œuvre; par la rapidité et parfois même par la quasi-instantanéité de sa réalisation; enfin par l'absence de moyens pratiques connus pour différencier, extemporanément, de si faibles masses de ces sortes de produits.

Ajoutons que la possession, d'ailleurs de préparation très aisée, de tests microscopiques préparés à l'avance et qui sont inaltérables, en facilite encore l'application.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la décomposition de la diacétine du glycol par l'alcool en milieu faiblement alcalin.* Note de M. **E.-M. Bellet**, présentée par M. A. Béhal.

Nous avons montré [1] que les réactions se produisant entre les éthers-sels et les alcools en milieu faiblement alcalin, réactions signalées dans quelques cas particuliers par Henricques, Kossel et en particulier Kreemann [2], étaient susceptibles de généralisation et nous avons donné de ce phénomène une interprétation paraissant conforme aux différents résultats observés.

Poursuivant cette étude nous avons cherché à l'étendre aux cas des polyalcools et en particulier à la diacétine du glycol ordinaire.

La décomposition de cette diacétine avait déjà été signalée par Kreemann. Mais nous avons voulu l'étudier comparativement avec les réactions déjà examinées par nous et en lui appliquant les observations faites dans nos travaux antérieurs.

Pour cela 1/10e de molécule d'éther diacétique du glycol a été placé dans un petit récipient pyrex à fermeture hermétique avec 10$^{cm^3}$ d'alcool

(1) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 1020; **194**, 1932, p. 1655.
(2) *Monatsh.*, **26**, 1905, p. 783.

absolu et 6$^{cm^3}$ de potasse alcoolique normale soit 3 pour 100 de la quantité d'alcali théoriquement nécessaire à la saponification totale de la diacétine.

Le tout est alors chauffé au bain-marie bouillant pendant 3 heures. A l'ouverture du récipient on constate l'absolue neutralité du mélange en même temps qu'une forte odeur d'acétate d'éthyle.

Le tout est alors distillé et fractionné :

1° En une portion de tête contenant l'excès d'alcool et l'acétate d'éthyle formé;

2° Un résidu formé de glycol et de la portion de diacétine non décomposée.

Les portions de tête ont été saponifiées en présence d'un excès de potasse alcoolique, excès déterminé après saponification par titrage à l'acide sulfurique normal.

Le dosage a indiqué que la saponification de l'acétate d'éthyle formé avait absorbé 3$^{cm^3}$,6 de potasse, correspondant à une décomposition de la diacétine égale à 32 pour 100 environ.

Mais nous rappelant avoir observé en suivant les variations du pH au cours de la réaction que celle-ci cesse pratiquement au moment où disparaît l'alcalinité du milieu, nous nous sommes alors proposé de rechercher si les rendements de cette réaction ne seraient pas améliorés en en modifiant les conditions expérimentales.

Et pour cela, au lieu d'ajouter d'un seul coup la quantité d'alcali introduite, nous avons répété la même opération, mais en ajoutant peu à peu la même quantité d'alcali.

Un dixième de molécule de diacétine est donc traité dans le même récipient clos par 100$^{cm^3}$ d'alcool absolu et 1$^{cm^3}$ de potasse alcoolique normale. Au bout de 1 heure de chauffage, odeur nette d'acétate d'éthyle tandis que toute alcalinité a disparu.

On ajoute alors à nouveau 1$^{cm^3}$ de potasse normale et l'on réchauffe 1 heure. Mêmes observations que précédemment à l'ouverture du récipient. On répète finalement six fois la même opération, ce qui revient à ajouter la même quantité d'alcali que dans l'expérience précédente.

Le tout est alors traité de la même façon, soit distillation et dosage de l'acétate d'éthyle dans les portions de tête. Ce dosage absorbe 6^{g},1 de potasse correspondant à une proportion d'acétate d'éthyle égale à 55 pour 100 de la diacétine mise en œuvre.

Ces résultats montrent donc que les réactions de décomposition des éthers-sels par les alcools en milieu faiblement alcalin se font également

dans le cas d'éthers de polyalcools. Mais le rendement, c'est-à-dire la proportion de l'éther-sel décomposé n'est pas uniquement fonction de la quantité d'alcali mis en jeu. Il est, toutes choses égales d'ailleurs, fonction du temps pendant lequel persiste l'alcalinité du milieu. Comme cette dernière disparaît toujours sensiblement au bout de 2 heures de réaction quelle que soit la proportion d'alcali (1, 2, 4, 6 pour 100) ainsi que nous l'avons montré dans un travail antérieur (¹) il y a donc intérêt à prolonger la durée de l'état alcalin en ajoutant, comme nous l'avons fait ici, l'alcali par petites portions.

Ces observations tendent d'ailleurs à confirmer l'interprétation que nous avons donnée de ces réactions.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques aldéhydes à fonction éther-oxyde.* Note de MM. **Léon Palfray**, **Sébastien Sabetay** et **Marcu Rotbart**, présentée par M. Delépine.

Les aldéhydes à fonction éther-oxyde de formule $RO-CH^2-CHO$ (éthers-oxydes de l'aldéhyde glycolique) se sont révélés il y a quelques années comme une nouvelle classe de corps odorants. Les données qu'on possède sur leur mode de préparation sont assez limitées (²).

Nous en avons donc repris l'étude pour l'étendre et pour déterminer les meilleurs conditions de préparation et de purification. Nous décrirons ici les dérivés appartenant à la série cyclanique, réservant les autres familles pour une publication ultérieure.

En faisant réagir le bromacétal $BrCH^2CH\langle^{OC^2H^5}_{OC^2H^5}$ sur les dérivés sodés des cyclanols, en l'absence de tout solvant, on obtient les oxycétals $R-O-CH^2-CH\langle^{OC^2H^5}_{OC^2H^5}$ liquides distillables, sous pression réduite, sans décomposition. Nous avons trouvé qu'on peut doubler, voire même tripler, les rendements en oxyacétal si après avoir chauffé à la pression

(¹) *Thèse de Paris*, 1933.

(²) S. Sabetay, *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série 45, 1929, p. 1161; S. Sabetay et D. N. Mira, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 617; Houbigant et Sébastien Sabetay, brevet français nº 37584 et appendice nº 673379.

ordinaire on continue à chauffer à l'autoclave pendant quelques heures vers 180°.

L'hydrolyse des oxyacétals $R - O - CH^2 - CH(OC^2H^5)^2$ est une opération des plus délicates. Les acétals avec un oxygène en β sont bien plus difficilement saponifiables que les acétals ordinaires $RCH\langle{}^{OC^2H^5}_{OC^2H^5}$.

Pour leur saponification, nous avons employé l'acide sulfurique en milieu hydroacétique. Il existe pour chaque acétal une concentration optima en SO^4H^2. Si, par exemple, un acide à 10 pour 100 résinifie complètement les oxyacétals cyclaniques, il est à peine assez concentré pour hydrolyser les oxyacétals dans lesquels R représente un alcoyle en C^{10}.

Trois conditions sont à observer lors de la saponification des oxyacétals : *a*, l'agent hydrolysant doit être suffisamment fort pour hydrolyser le groupement acétalique; *b*, il ne doit pas résinifier ou polymériser l'aldéhyde formé; *c*, il ne doit pas s'attaquer au groupement éther-oxyde ordinaire, facilement saponifiable dans certains cas. En règle générale, dans les acétales de formules $RO - CH^2 - CH\langle{}^{OC^2H^5}_{OC^2H^5}$ la nature du radical R exerce une influence marquée sur la résistance à la saponification en milieu acide et sur la facilité de polymérisation ou de résinification des oxyaldéhydes formés.

L'oxyaldéhyde peut être purifié par l'entremise d'un dérivé cristallisé (semicarbazone), qu'on hydrolyse ultérieurement au moyen d'acide sulfurique étendu (1 à 2 pour 100) dans un courant de vapeur d'eau. Les oxyaldéhydes préparés, dérivant du cyclohexanol et des trois méthylcyclohexanols, sont des liquides mobiles, rougissant instantanément le réactif de Schiff et possèdent une odeur forte évoquant celle du melon.

Pour ce qui est de l'isomérie *cis-trans*, on doit s'attendre, dans le cas des oxyaldéhydes dérivant des méthylcyclohexanols, à un mélange de deux isomères *cis* et *trans*.

Or nos aldéhydes n'ont donné qu'une seule semicarbazone, celle de l'isomère *trans* probablement.

Acétal éthylique de l'aldéhyde cyclohexoxyacétique $C^6H^{11}OCH^2CH\langle{}^{OC^2H^5}_{OC^2H^5}$. — On prépare le dérivé sodé du cyclohexanol (1 mol) avec du Na en poudre en milieu toluénique, chasse le solvant, chauffe vers 140°, ajoute d'abord 1g de cuivre porphyrisé, ensuite 1 mol de bromacétal, chauffe au bain d'huile jusqu'à ce que la réaction se déclenche et puis finit par chauffage à l'autoclave (4 heures à 180°). On verse dans

l'eau, extrait à l'éther et fractionne. L'acétal possède les constantes suivantes :

$E_{12} = 115°$, $D_4^{20} = 0,9424$, $n_D^{20} = 1,4394$, RM_D tr. 60,33 ; calc. 60,34.

Dosage de l'éthoxyle (Zeisel) OC^2H^5 pour 100, tr. 41,83 ; calc. 41,66. Rᵗ : 73 %.

Aldéhyde cyclohexoxyacétique $C^6H^{11} - O - CH^2 - CHO$. — On chauffe à reflux 1 heure et demie à 2 heures, en faisant barbotter un courant de CO^2, un mélange de 20ᵍ acétal, 25ᶜᵐ³ acide acétique et 100ᶜᵐ³ SO^4H^2 à 1 pour 100. On verse dans l'eau, extrait à l'éther, lave bien au bicarbonate de Na et fractionne. Les portions de tête sont transformées en *semicarbazone*, laquelle, cristallisée dans l'éther acétique + ligroïne, fond à 175° (Maq.). Par chauffage de la semicarbazone avec SO^4H^2 à 2 pour 100 et entraînement à la vapeur, on régénère l'aldéhyde dont les constantes sont :

$E_{14} = 71°$, $D_4^{20} = 1,008$, $n_D^{20} = 1,4712$, RM_D tr. 39,40 ; calc. 38,60.

Par des procédés identiques, nous avons préparé les oxyacétals et les cyclohexoxyaldéhydes dérivant des trois méthylcyclohexanols, 1.2, 1.3, 1.4. Ces derniers, préparés par hydrogénation des crésols, étaient exempts d'isomères de position, car par oxydation au moyen du mélange de Beckmann, on a obtenu les methylcyclohexanones 1.2, 1.3, 1.4, dont les semicarbazones fondaient d'emblée à 194°, 192° et 197° (Maq.), points de fusion assignés aux semicarbazones des méthylcyclohexanones pures.

Acétal éthylique de l'aldéhyde orthométhylcyclohexoxyacétique : $E_{18} = 124\text{-}126°$; $D_4^{20} = 0,9369$; n_D^{20} 1,4374 ; RM_D tr. 64,37 ; calc. 64,96 ; OC^2H^5 %. tr. 39,23 ; calc. 39,13.

Aldéhyde orthométhycyclohexoxyacétique : $E_{12} = 85\text{-}88°$; $D_D^{16,5} = 1,030$; $n_D^{16,5}$ 1,4698 ; R_D tr. 42,24, calc. 43,20. *Semicarbazone* F. 152-152°,5 (Maq.).

Acétal éthylique de l'aldéhyde métaméthylcyclohexoxyacétique : $E_{12} = 120\text{-}121°$; $D_D^{18,5} = 0,9302$; $n_D^{18,5} = 1,4402$; RM_D tr. 65,19 ; calc. 64,96 ; $-OC^2H^5$ %, tr. 39,02 ; calc. 39,13.

Aldéhyde métaméthylcyclohexoxyacétique : $E_{14} = 84\text{-}86°$; $D_4^{17} = 0,9958$; $n_D^{17} = 1,4643$; RM_D tr. 43,25 ; calc. 43,20 ; *Semicarbazone* (éther acétique) F. 175° (Maq.).

Acétal éthylique de l'aldéhyde paraméthylcyclohexoxyoéétique : $E_{12} = 125\text{-}126°$; $D_4^{18} = 0,9325$) $n_D^{18} = 1,4374$; RM_D tr. 64,67 ; cal. 64,96 ; $-OC^2H^5$ % : tr. 39,18 ; calc. 39,13.

Semicarbazone de l'aldéhyde paraméthylcyclohexoxyacétique : F = 187-188° (Maq.).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'obtention de nouveaux amino-cyclanols actifs.* Note de MM. **Marcel Godchot**, **Max Mousseron** et **Robert Granger**, présentée par M. Delépine.

Nous avons fait connaître ([1]) les circonstances qui nous ont permis d'isoler un certain nombre d'amino-alcools cyclaniques actifs sur la lumière polarisée; les observations qui en découlent nous ont engagé à étendre nos connaissances, assez imparfaites encore, sur les variations du pouvoir rotatoire suivant le cycle d'une part, et la nature et la place de radicaux substitués dans le noyau d'autre part.

Dans cette Note, nous nous proposons de décrire les résultats relatifs au dédoublement des trois amino-cyclohexanols suivants :

$NH—C^2H^5$ (2), OH (1)
2-éthylamino-cyclohexanol-1.

$NH—C^3H^7$ (2), OH (1)
2-propylamino-cyclohexanol-1.

CH^3 (4), $NH—CH^3$ (2), OH (1)
4-méthyl-2-méthylamino-cyclohexanol-1.

De ces trois corps, seul le premier, à l'état racémique, avait été isolé par Brunel ([2]); les deux autres furent préparés par nous par le même procédé : action de la propylamine sur l'époxycyclohexane ou de la méthylamine sur le méthyl-4-époxycyclohexane-1.2, à 120° en milieu alcoolique.

La méthode utilisée pour le dédoublement de ces trois racémiques repose comme précédemment sur la différence de solubilité des tartrates *d* ou *l* des bases énantiomorphes dans certains dissolvants.

A. *2-éthylamino-cyclohexanol-1.* — Cet amino-alcool ($Éb_{16} = 107$-$108°$, F. = 35°; chlorhydrate, F = 155°) donne avec l'acide tartrique droit un tartrate *d* acide en milieu alcool absolu-acétone (F. = 123-124°; $[\alpha]_D = +13°,90$) qui, mis en dissolution dans un mélange d'alcool à 93° additionné de 20 pour 100 d'acétone, se scinde par cristallisations fractionnées et répétées en tartrate acide *d* de l'amino-alcool gauche peu soluble (gros prismes; F. = 156-157°; $[\alpha]_D = -21°,34$) et en tartrate acide *d* de l'amino-alcool droit très soluble (poudre microcristalline; F. = 148-149°; $[\alpha]_D = +52°,20$). Si, initia-

([1]) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 981 et 2061; 196, 1933, p. 621.
([2]) *Thèse Faculté Sciences*, Paris, 1905.

lement, on met en œuvre l'acide tartrique *l*, le tartrate acide *l* de la même base racémique (F = 123-124°; $[\alpha]_D$ = — 13°,70) se sépare également dans le même solvant en tartrate *l* de la base droite (F = 156-157°; $[\alpha]_D$ = + 21°,20) et tartrate *l* de la base gauche (F. = 148-149°; $[\alpha]_D$ = — 51°,70).

Les bases actives *d* et *l* obtenues par action de la potasse sur les tartrates isolés plus haut et extraction à l'éther, sont cristallisées ($Éb_{16}$ = 99-100°; F. = 38°; $[\alpha]_D$ = ± 89°,20); les chlorhydrates correspondants sont fusibles à 150-151°; $[\alpha]_D$ = ± 69°,70).

B. *2-propylamino-cyclohexanol-1*. — Cette base (Eb_{16} = 117°-118°, F = 39°, chlorhydrate, F = 181-182°) fournit un tartrate acide *d* dans un mélange d'alcool absolu et d'acétate d'éthyle. Ce tartrate est difficilement dédoublable par cristallisations fractionnées dans l'alcool absolu additionné de 80 pour 100 d'acétate d'éthyle en tartrate *d* de la base gauche peu soluble (F = 160°-161°, $[\alpha]_D$ = — 22°,20), et en tartrate *d* de la base droite plus soluble (F = 151°-152°, $[\alpha]_D$ = + 54°,0).

Les bases isolées de ces tartrates sont fusibles à 45° et possèdent un pouvoir rotatoire $[\alpha]_D$ = ± 90°,45.

C. *4-méthyl-2-méthylamino-cyclohexanol-1*. — Cette substance est liquide (Eb_{16} = 112°-113°; chlorhydrate, F = 115°-116°); combinée à l'acide tartrique *d* en milieu alcool absolu, elle fournit le tartrate *d* de la base céramique (F = 153°-154°, $[\alpha]_D$ = + 13°,04) se scindant, par cristallisations répétées dans l'alcool à 95° additionné de 20 pour 100 d'acétone, en tartrate *d* de la base droite peu soluble (aiguilles, F = 164°-165°; $[\alpha]_D$ = + 39°,82), et en tartrate *d* de la base gauche plus soluble (prismes, F = 159°-160°; $[\alpha]_D$ = — 15°,75). Les bases actives *d* et *l* prevenant de ces deux tartrates sont huileuses (Eb_{16} = 110°-111°, $[\alpha]_D$ = ± 52°,50).

D. Dans le tableau suivant, nous avons réuni les pouvoirs rotatoires des six amino-cyclohexanols actifs *d* et *l* déjà obtenus par nous :

	$[\alpha]_D$.	$[M]_D$.	$\frac{\alpha_{436}}{\alpha_{546}}$.
2-amino-cyclohexanol-1	40°,10	46°,10	1,648
2-méthylamino-cyclohexanol-1	82,80	106,80	1,651
2-éthylamino-cyclohexanol-1	89,20	127,50	1,653
2-propylamino-cyclohexanol-1	90,45	142,0	1,654
4-méthyl-2-amino-cyclohexanol-1	16,60	21,40	1,627
4-méthyl-2-méthylamino-cyclohexanol-1	52,50	75,10	1,629

On peut donc remarquer qu'une substitution à l'azote augmente le pouvoir rotatoire moléculaire et que l'exaltation croît avec la condensation en carbone; signalons que des travaux en cours montrent que cette règle se confirme également dans le cas du 2-butylamino-cyclohexanol-1; notons en outre que le rapport de dispersion rotatoire reste sensiblement constant dans les cas de substitution à l'azote.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Acétylsulfate et sulfate acide de camphre.* Note de M. **Frèrejacque**, présentée par M. R. Fosse.

En 1898, Reychler [1] a indiqué une élégante méthode de sulfonation du camphre : une solution de camphre dans un mélange d'anhydride acétique et d'acide sulfurique, abandonnée à la température ordinaire, laisse déposer un acide camphre-sulfonique cristallisé. Selon Reychler, lorsque après avoir séparé cet acide cristallisé on traite sa liqueur mère par l'eau, il se dépose du camphre et l'on obtient une solution aqueuse d'un nouvel acide sulfonique. Cet acide est amorphe, ainsi que ses sels de baryum et d'ammonium. Reychler, après une courte étude, conclut que l'acide amorphe ne paraît plus contenir de groupe cétonique. Il ne semble pas que, depuis 1898, on ait étudié de façon plus précise l'acide amorphe de Reychler [2].

Une observation que nous avons faite en répétant la préparation de Reychler nous a engagé à reprendre la question. Contrairement aux indications de cet auteur, le produit qui se dépose lorsqu'on traite par l'eau la liqueur mère de l'acide cristallisé n'est pas du camphre pur. Il contient une portion très peu soluble dans l'essence de pétrole et qu'on peut ainsi aisément séparer du camphre. Par cristallisations fractionnées dans l'alcool cette portion se laisse scinder en deux parties ayant à peu près la même importance et qui constituent deux corps isomères distincts bien cristallisés. Le premier, plus soluble, est actif sur la lumière polarisée :

$$[\alpha]_{546}^{20} = -32°,5, \quad [\alpha]_{436}^{20} = -53°,2 \quad \text{(chloroforme)};$$
$$[\alpha]_{546}^{20} = -29°,1, \quad [\alpha]_{436}^{20} = -48°,5 \quad \text{(alcool)}.$$

Le second est inactif sur la lumière polarisée.

L'isomère actif se présente soit en gros cristaux prismatiques, soit en longues aiguilles ayant l'aspect de l'ouate. Chauffé rapidement, il fond vers 150° en donnant une phase liquide qui noircit peu à peu et se décompose vers 160°. L'isomère inactif cristallise en feuillets nacrés qui fondent en noircissant et en se décomposant vers 167°.

L'analyse et la cryoscopie acétique de l'isomère actif ($C = 52,6$; $H = 6,7$; $S = 11,7$; $M = 268$) et de l'isomère inactif ($C = 52,6$; $H = 6,7$; $S = 11,9$; $M = 277$) montrent que ces deux corps répondent à la formule

(1) *Bull. Soc. chim.*, 3e série, **19**, 1898, p. 120.

(2) Voir cependant Graham, *J. Chem. Soc.*, *London*, **101**, 1912, p. 746.

$C^{12}H^{10}O^{15}S$. Il paraissait vraisemblable que l'isomère inactif était le racémique correspondant à l'isomère actif; c'est ce que nous avons vérifié en sulfonant le camphre racémique par la méthode de Reychler : l'addition d'eau à la liqueur mère de l'acide sulfonique racémique cristallisé ne précipite, en dehors du camphre, qu'un seul corps d'ailleurs identique à celui obtenu lors de la sulfonation du camphre droit.

Les deux corps de formule $C^{12}H^{18}O^{15}S$ sont neutres; ils sont facilement hydrolysés par l'eau à 100° avec mise en liberté d'acide acétique, mais sans qu'il apparaisse ni camphre, ni acide sulfurique. Le dosage alcalimétrique de la solution résultant de l'hydrolyse montre qu'il faut deux molécules d'alcali pour neutraliser l'acidité provoquée par l'hydrolyse d'une molécule des corps étudiés.

Chauffée à 140°, cette solution libère un peu de camphre, en même temps qu'il apparaît de l'acide sulfurique. Ces propriétés nous conduisent à penser que les corps étudiés sont l'acétylsulfate de *d*-camphre et l'acétylsulfate de *dl*-camphre, répondant tous deux à la formule I.

```
CH²——————C——————CH                        CH²——————C——————CH
|         |       ||                       |        |       ||
|  CH³—C—CH³      ||                       |  CH³—C—CH³     ||
|         |       ||                       |        |       ||
CH²——————C——————C—O—SO²—OCOCH³             CH²——————C——————C—O—SO³H
          |                                         |
         CH³                                       CH³
          I.                                        II.
```

Cette formule rend compte de ce que les corps auxquels nous l'attribuons ne s'oximent pas et sont insolubles dans les alcalis. La quantité d'acétylsulfates obtenus correspond à environ 6 à 7 pour 100 du camphre traité.

L'hydrolyse de l'acétylsulfate de *d*-camphre par l'eau à 100° permet d'obtenir le sulfate acide de camphre II. Il est remarquable que ce sulfate est beaucoup plus stable vis-à-vis de l'eau que les acides phénylsulfuriques (¹). Ce sulfate est amorphe ainsi que ses sels de baryum, d'ammonium et d'aniline; ses solutions aqueuses sont lévogyres : $[\alpha]^{20}_{546} = -40°$, $[\alpha]^{20}_{436} = -78°$. Traité par l'anhydride acétique, il régénère l'acétylsulfate.

On voit que ce sulfate a toutes les propriétés de l'acide amorphe de Reychler qu'on doit, selon nous, considérer comme un mélange de sulfate acide de *d*-camphre et de sulfate acide de *dl*-camphre car, traité par l'an-

---

(¹) Baumann, *Ber. d. chem. Ges.*, **11**, 1878, p. 1907; Burkhardt et Lapworth, *J. Chem. Soc. London*, **1926**, p. 687.

hydride acétique, il donne un mélange des acétylsulfates étudiés ci-dessus.

Les solutions aqueuses de sulfate acide de *d*-camphre, lévogyres, chauffées longuement à 100° ou pendant quelques heures à 125° voient leur pouvoir rotatoire diminuer lentement et devenir finalement droit, sans qu'il y ait mise en liberté d'acide sulfurique : il y a vraisemblablement isomérisation en un acide sulfonique, ce qui explique que les solutions aqueuses de sulfate chauffées à 140° ne sont que partiellement hydrolysées.

Une isomérisation analogue se produit lorsqu'on saponifie l'acétylsulfate de *d*-camphre à froid par la potasse alcoolique ou à 100° par les alcalis aqueux dilués; il y a scission de la molécule en acide acétique et en un acide sulfonique dextrogyre, $[\alpha]_{546}^{20}$(eau) $= + 57°,5$ (calculé). Les solutions aqueuses de cet acide ne sont pas hydrolysées à 150°.

Il est possible que les deux acides sulfoniques résultant de l'isomérisation du sulfate acide de camphre soient identiques; mais de toute façon ils ne sont pas identiques à l'acide cristallisé de Reychler dont la dispersion rotatoire est très caractéristique. Aussi paraît-il peu logique de considérer, comme on l'a fait, que dans la sulfonation selon Reychler, l'acide cristallisé provient d'une isomérisation du sulfate acide de camphre.

LITHOLOGIE. — *Sur la composition du massif éruptif de Cavallo (province de Constantine)*. Note (1) de M. L. GLANGEAUD.

Le massif éruptif tertiaire de Cavallo situé à 15^km^ à l'ouest de Djidjelli (feuilles au 1/50000e de Djidjelli et de Taza) offre une superficie d'environ 25^km²^. Le seul document pétrographique qui ait été publié est une analyse de microgranodiorite (II).4.3.(3)4 que M. A. Lacroix m'a autorisé à reproduire (2). J'ai observé, non seulement des roches microgrenues (microgranodiorite et microdiorite quartzifère) mais des types vitreux et microlitiques (dacite et dacitoïde à hornblende et augite) ainsi que des brèches. Les roches éruptives appartiennent à la série calco-alcaline, à excès de silice, caractéristique de la province pétrographique kabylienne telle qu'elle a été définie par les études chimico-minéralogiques de M. A. Lacroix (3).

(1) Séance du 8 mai 1933.

(2) L. GLANGEAUD, *Thèse Faculté Sciences*. Paris, 1932, p. 342.

(3) A. LACROIX, *C. R. somm. Soc. Géol. France*, 1924, p. 219; *Bull. volcanologique*, nos 13-14, 1927, et *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 573-576.

1° Roches microgrenues. — Les phénocristaux de plagioclases, remarquablement zonés, ont une teneur en anorthite oscillant entre 30 et 54 pour 100. Dans les microgranodiorites, l'orthose apparaît soit en cristaux distincts, soit sous forme de bordure autour des plagioclases. La teneur en quartz oscille entre 5 et 23 pour 100. Une hornblende verte fortement polychroïque existe en quantité plus ou moins importante dans toutes les roches du massif; la biotite est rare.

Les roches microgrenues, qui constituent une partie de la bordure du massif éruptif, ont fait intrusion au Nord-Est, à travers les marnes à Globigérines d'âge indéterminé, à l'Est et au Sud à travers les grès à petites Nummulites de l'Éocène supérieur. Elles se présentent dans l'ensemble sous forme d'un batholite d'où partent des apophyses. Sur le bord du massif éruptif, des pointements isolés ont l'aspect d'un *bulbe d'oignon* ou d'un *pain de sucre* (points 213-241-489, Djebel ben Amour, Dj. Daratia, Djama, point 184). Plus rarement, les intrusions partant de la masse éruptive principale sont obliques et peuvent devenir sensiblement parallèles aux strates sédimentaires (sills) (cap Cavallo et ses environs).

Au contact, les modifications exomorphes des sédiments s'étendent sur quelques centimètres. Mais au cap Cavallo, à Djama, au Dj.er Rihana, sur plusieurs mètres, le métamorphisme a produit des *cornéennes*, des *schistes à séricite*, des *schistes à chlorite* et des *schistes tachetés*.

2° Formation de Port-Maria (dacite, dacitoïde, brèche polygène). — Je nomme formation de Port Maria un complexe contenant des roches vitreuses et microlitiques associées à des brèches polygènes. Ce complexe s'étend sur la partie centrale du massif ainsi qu'en bordure de la côte, dans la région de Port Maria et sur la feuille de Taza.

Les *roches vitreuses* offrent la même amphibole que les roches microgrenues. On y observe de l'augite peu colorée, soit seule, soit associée à l'amphibole. Le quartz des dacites se trouve à l'état de phénocristaux, ou de petits cristaux, ou de quartz pœcilitique. Si certaines parties paraissent dépourvues de quartz, des échantillons voisins appartenant à la même masse éruptive montrent du quartz pœcilitique ou des cristaux de quartz; on peut donc, nommer dacitoïdes ces roches sans quartz exprimé. La pâte est vitreuse pour les roches affleurant le long de la côte, ainsi que dans la région du Djebel ben Bouaa et du Djebel Harouda. Les microlites y sont plus ou moins abondants et la texture peut être fluidale. Dans une partie de ces roches, le verre a été envahi secondairement par des produits de décomposition et du quartz pœcilitique qui peut prendre une apparence microgrenue.

Les lithophyses sont souvent remplies de produits isotropes. Les enclaves homœogènes plésiomorphes et allomorphes sont assez fréquentes et soulignent les relations existant entre les roches vitreuses et microgrenues. *Des brèches et microbrèches polygènes* remanient les roches éruptives microgrenues et vitreuses et les roches métamorphiques (cornéennes, schistes à séricite). On y observe des fragments de quartzite et de roches inconnues dans le massif de Cavallo (microgranites et dolérites albitisés). J'ai signalé (¹) ces derniers types pétrographiques dans le massif voisin d'âge tertiaire de l'Oued Amizour. Les éléments des brèches sont cimentés par de la calcite et des produits phylliteux. Les roches vitreuses forment dans les brèches polygènes des intrusions ou des coulées interstratifiées. Il existe aussi des *brèches monogènes* au contact des roches microgrenues et vitreuses (région des Aftis, d'Hadjeret el Fech, de Cavallo); ce sont des brèches de friction ou d'écroulement formées par les débris de la roche éruptive du contact. Les brèches ou conglomérats polygènes présentent une grande variété d'éléments et ont une origine au moins en partie aqueuse.

3° Phénomènes pneumatolytiques et hydrothermaux. — Les roches éruptives et notamment les microgranodiorites sont traversées par de nombreux filons de minerais de cuivre, de plomb, de zinc, de fer, argentifères et aurifères. Les zones minéralisées et les filons ont presque tous provoqué une transformation accentuée des roches éruptives du contact (damouritisation, kaolinisation, propylitisation). Les bandes de roches kaolinisées s'étendent parfois jusqu'à plusieurs centaines de mètres au delà de la zone minéralisée. Ce sont, tantôt les amphiboles, tantôt les feldspaths qui sont transformés soit simultanément, soit séparément. Les chlorites abondent (chlorites blanches parfois sphérolitiques). Ces transformations ont donné un aspect ancien à beaucoup de ces roches éruptives. Les fumerolliens et hydrothermaux sont postérieurs à leur mise en place.

LITHOLOGIE. — *Sur une granulite à riebeckite et une roche détritique calcaire du bassin du Niari (Congo français).* Note de M. **R. C. Sabot**, présentée par M. L. Cayeux.

La présente Note concerne l'étude préliminaire, au point de vue pétrographique, de deux roches particulièrement intéressantes, tant pétrographi-

(¹) *A. F. A. S.*, 1925 (Grenoble), p. 318.

quement que géologiquement, qui nous ont été remises par M. C. Couchet. Il s'agit de deux roches en contact immédiat, affleurant en dalles dans le cours de la rivière Bamaga, près du village de Bendé, à proximité du Niari, non loin de son confluent avec la rivière Limango. La roche inférieure est un conglomérat très fréquent dans la région, de teinte grisâtre avec de petits galets blancs ponctuant la masse; ces galets sont généralement de petites dimensions, mais certains mesurent cependant plusieurs millimètres. D'après les renseignements qui nous ont été communiqués, cette formation serait essentiellement détritique, à faciès tantôt gréseux, tantôt plus franchement calcaire; elle pourrait avoir une origine fluvio-glaciaire. Sur cette roche détritique reposent directement de grandes dalles d'une roche granitoïde leucocrate, très riche en quartz à première vue; c'est cette roche que nous avons plus particulièrement étudiée au point de vue pétrographique. A titre indicatif, nous mentionnerons la présence dans la région, outre le conglomérat ci-dessus, de calcaires francs, de grès largement développés et, à une certaine distance, d'un massif granitique. Diverses études sont en cours pour préciser les relations géologiques de ces diverses roches et l'importance relative des diverses formations. Nous donnerons ci-après les résultats de l'examen microscopique, nous réservant de tirer par la suite les conclusions géologiques.

Roche détritique. — La masse constituant le fond de la roche est formée en majeure partie de *calcite* finement grenue, avec de faibles quantités de *feldspath* et de *quartz;* on remarque aussi quelques lamelles et amas *kaoliniques* et lamelles de *séricite.* Les galets, abondants, généralement de petites dimensions, sont formés par les éléments suivant : *Quartz*, largement prédominant et souvent de plus grande taille; chaque galet est généralement formé par un seul individu. *Orthose*, en grains arrondis, mais souvent aussi en individus idiomorphes avec contours légèrement arrondis; une section $g^1 = (010)$ montre l'extinction de $+5°$ dans l'angle ph^1 de 116°; après le quartz, l'orthose est le constituant le plus important. *Plagioclase*, peu abondant, avec macles selon la loi de l'albite et plus rarement de Carlsbad et de la péricline; $Sn_g = +10°$, 15 pour 100 An; $Sn_g = +7°$, 19 pour 100 An; $Sn_p = -12°$, 5 pour 100 An. *Microcline*, plutôt rare, avec ses macles caractéristiques.

Anorthose, rare. *Calcaire* à grain fin, parfois associé à un peu d'albite ($Sn_p = -13°$, 5 pour 100 An) ou de microcline; les galets calcaires viennent comme importance sitôt après le quartz et l'orthose.

En définitive, il paraît bien que l'on a affaire à une roche détritique, quoique la tendance idiomorphe de certains galets et la présence dans la masse (dans la pâte en quelque sorte) de feldspath d'albitisation, de kaolin, de séricite et de calcite éventuellement secondaire pourrait faire conclure à

la formation de cette roche par métamorphisme et décomposition d'une roche à deux temps. Seule, l'étude poussée plus loin, sur un assez grand nombre d'échantillons, permettra de trancher la question.

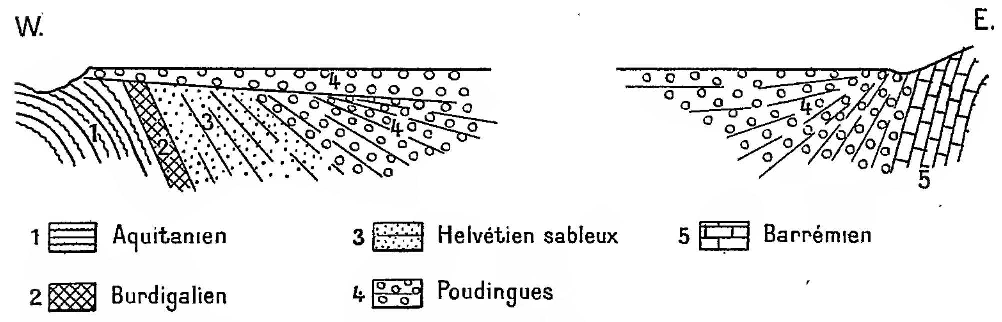
ROCHE GRANITOÏDE. — Cette roche est essentiellement constituée par une association d'orthose idiomorphe et de quartz le plus souvent allotriomorphe, avec très peu d'éléments noirs. L'*orthose* est en général non maclée, la face $g^1 = (010)$ présente l'extinction caractéristique de $+5°$. L'*albite* est peu fréquente, montrant la macle répétée suivant la loi de l'albite; $Sn_p = -10°$, 8 pour 100 An. Le *microcline* se rencontre exceptionnellement. Le *quartz*, abondant, montre des extinctions plus ou moins onduleuses, témoignant de l'existence d'actions mécaniques; il moule les autres éléments. La *muscovite* est rare, on n'en trouve que quelques petites lamelles; $n_g - n_p = 0{,}037$. La *biotite* est plus fréquente que la muscovite, mais cependant très peu abondante; $n_g - n_p = 0{,}040$; $n_g =$ brun vert assez foncé, $n_p =$ jaune brun clair; la biotite est en grande partie chloritisée (pennine vert pâle, $n_g - n_p = 0{,}002$).

L'élément noir, très peu développé comme nous l'avons indiqué, est principalement constitué par de la *riebeckite*, identifiée par son polychroïsme et sa dispersion, parfois associée à de la biotite accessoire; elle est en plus grande partie transformée en antigorite. L'*antigorite*, plus ou moins ferrifère, présente la structure fibreuse enchevêtrée, parfois fenêtrée; suivant la teneur en fer, $n_g - n_p$ varie de 0,005 à 0,009; le polychroïsme est le suivant : $n_g =$ vert clair, plus ou moins jaunâtre, n_m et $n_p =$ vert brunâtre à jaune brunâtre. Comme éléments accessoires, on trouve un peu de *magnétite* et quelques lamelles d'*oligiste*. Les éléments blancs sont très frais, on ne trouve que très accessoirement un peu de *calcite* en grains et amas, ainsi qu'un peu de *zoïsite*, dans le plagioclase; dans l'orthose on remarque quelques traînées et amas de *séricite* et peu de produits *kaoliniques*.

Cette roche, fortement leucocrate et très fraîche si l'on fait abstraction des éléments noirs très accessoires et en majeure partie décomposés, se rattacherait d'après cette étude préliminaire à certaines granulites à riebeckite; elle pourrait constituer une formation filonienne acide et très alcaline en liaison avec le massif granitique voisin. La suite de notre étude, sur un certain nombre d'échantillons, nous permettra de préciser les relations de cette roche avec le massif granitique, d'une part, et avec la roche apparemment détritique avec laquelle elle est en contact, d'autre part.

GÉOLOGIE. — *Sur le rôle tectonique des poudingues de Valensole (Basses-Alpes).* Note de M. **Jean Goguel**, présentée par M. de Launay.

Au sud de Digne s'étendent sur une surface de 1000$^{km^2}$ des sédiments détritiques très épais, sableux ou limoneux par place, mais en général formés de conglomérats à galets impressionnés. La surface terminale, conservée principalement dans la moitié Sud et qui constitue le plateau de Valensole, montre par sa parfaite régularité que les bancs les plus élevés sont postérieurs aux derniers monvements tectoniques. Les petits plisse-



Coupe de la lisière Ouest des conglomérats de Valensole près de Beaumont (Vaucluse) et de la lisière Est au Sud de Saint-Jurs.

ments signalés par M. Albert de Lapparent [*Sur la bordure orientale du bassin de Digne* (*C. R. somm. S. G. F.*, 62, mars 1933)] dans un tuf déposé à la surface du plateau au nord de Moustier sont la seule manifestation de mouvements posthumes, très limités puisqu'ils n'affectent en rien les épaisses masses de limon sous-jacentes.

Les couches inférieures du conglomérat (Miocène supérieur ou moyen) sont, d'autre part, antérieures aux mouvements alpins qui les ont très nettement affectées. L'observation des lisières du bassin nous a permis de préciser les relations entre ces mouvements et le dépôt des conglomérats.

Ceux-ci dépassent de quelques kilomètres vers l'Ouest la vallée de la Durance, dont les affluents de droite fournissent d'excellentes coupes. On y voit, du côté aval, le plus rapproché du centre du bassin, les bancs de conglomérat succéder très progressivement à l'Helvétien, toutes les couches étant concordantes mais d'autant plus inclinées qu'elles sont plus anciennes (jusqu'à une soixantaine de degrés), cette différence n'est pas due à un plissement car, du côté amont, on observe une discordance très notable des dernières couches de conglomérat qui reviennent en transgression sur la tranche des bancs helvétiens redressés (voir la figure).

Les conditions d'observation à l'Est sont beaucoup moins favorables. Souvent, la base de la formation est masquée par des chevauchements locaux de terrains secondaires et, l'altitude du plateau étant plus élevée, les couches supérieures ont été enlevées par l'érosion sur la plus grande partie de la ligne de contact. Nous avons toutefois pu observer une coupe parfaitement nette au sud de Saint-Jurs, sur la ligne de partage des eaux entre l'Asse et le Verdon. Les bancs inférieurs, déposés en concordance sur le Barrémien, sont redressés comme lui à la verticale. Les couches suivantes ont un pendage de plus en plus faible et sont recouvertes par les bancs supérieurs horizontaux.

Au Nord enfin, à l'ouest de Digne, la surface supérieure, beaucoup plus élevée, n'est jamais conservée; les vallées atteignent constamment des couches antérieures aux derniers mouvements tectoniques et qui témoignent de plissements d'ailleurs peu intenses. On peut noter cependant que les couches supérieures entre Volonne et Mirabeau sont horizontales et non pas ployées en synclinal comme on pourrait s'y attendre d'après l'allure des couches inférieures.

Les mouvements dons nous retrouvons ainsi la trace au sein des poudingues correspondent aux mouvements actifs de surrection des Alpes. Mais leur trait commun le plus frappant est d'indiquer un affaissement de la partie centrale du bassin. Cet affaissement prend une allure systématique et une amplitude telle qu'on ne saurait y voir un simple synclinal rempli au cours de sa formation. Il s'agit d'un phénomène beaucoup plus vaste, dans lequel l'affaissement isostatique sous l'afflux des sédiments doit jouer un rôle important. Ce que nous savons de tels phénomènes de subsidence nous porte à penser que l'épaisseur au centre du bassin doit être bien supérieure à celle qu'on observe sur les bords (1500^{m} à Volonne) et se chiffrer par plusieurs kilomètres.

L'afflux, dans une région aussi restreinte, d'un cube aussi considérable de matériaux détritiques est d'ailleurs lié aux mouvements tectoniques et ne peut s'expliquer que par l'intensité de l'érosion sur une chaîne très jeune ou en cours de formation.

La superposition à la série secondaire d'une masse de cette épaisseur, ou même d'une partie seulement de cette épaisseur, a dû modifier profondément sa résistance aux plissements, si bien qu'il paraît nécessaire de faire intervenir la fosse de Valensole pour expliquer la répartition des plis dans la région. C'est ainsi que les plis qui ont buté de front contre cette masse sont particulièrement serrés (vallée de l'Asse) et que ceux dont le prolongement aurait dû l'affecter, s'atténuent fortement à son approche. Tels sont le pli de Bauduen [1], pli couché avec un chevauchement d'un kilomètre qui

---

[1] A. de LAPPARENT, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1096.

se transforme en pli droit, et l'anticlinal de Baudinard, fortement accusé au Sud de cette localité, et qui disparaît à peu près complètement en arrivant au Verdon.

Le dépôt des conglomérats de Valensole dans une fosse de subsidence apparaît donc comme un des traits saillants de la Provence miocène.

GÉOLOGIE. — *Sur la tectonique du Mayombe, au Congo français* (¹). Note de M. **A. Amstutz**, présentée par M. L. Cayeux.

L'un des traits essentiels de la géologie du Bas-Congo est la continuité des mouvements tangentiels qui se sont manifestés dans le sens SO-NE et qui ont exercé leur effort principal dans la région du Mayombe. Le début de ces mouvements est encore bien problématique, car, en admettant que des discordances n'aient pas été complètement effacées par suite de mouvements postérieurs, on est encore dans une grande incertitude en ce qui concerne le passage des formations quartzito-schisteuses du Mayombe (Bembizi-Sékélolo) à celles qui ont été classées jusqu'à présent dans le système cristallophyllien. Mais il est probable, et c'est la notion que je veux introduire ici, que des mouvements tangentiels relativement accentués se sont opérés pendant la sédimentation du système quartzito-schisteux, en provoquant finalement la surrection de rides anticlinales et en donnant ainsi naissance, le long de ces rides, aux schistes conglomératiques que je considère comme les termes supérieurs du système, mais que l'on a si longtemps confondus avec les conglomérats de base de la série schisto-calcaire sus-jacente.

Cette liaison de cause à effet et cette concomitance des plissements et de la sédimentation des formations quartzito-schisteuses, plus ou moins conglomératiques ou calcaires, se traduisent naturellement par des discontinuités le long des rides anticlinales émergées, et simultanément par une sédimentation ininterrompue dans les sillons intermédiaires. Le caractère particulièrement conglomératique des niveaux supérieurs du système s'explique tout naturellement par une accentuation lentement progressive

(¹) La présente Note est en quelque sorte un complément à ce que j'ai dit de la *Structure géologique du Mayombe* dans le *Bull. suisse de min. et pétrog.*, 12, 1932, p. 234. Elle précise aussi ce que j'ai énoncé en une remarque infrapaginale adjointe à la Note de J. Lombard sur la *Structure géologique du Bamba* dans *C. R. Soc. phys. de Genève*, 50, 1933, p. 83.

des contractions ébauchées pendant le début de la sédimentation quartzito-schisteuse et par une émersion des têtes anticlinales probablement déjà déversées vers le NE, tandis que l'exhaussement de la chaîne dans son ensemble et la formation du bourrelet limitant ultérieurement la mer intérieure à sédimentation calcaire résultent évidemment d'un paroxysme final des même efforts. On voit donc qu'il faut rattacher (¹) au complexe quartzito-schisteux (Bembizi-Sékélolo) une grande partie des conglomérats précédemment attribués au schisto-calcaire, et l'on voit que la solution de continuité essentielle se trouve au-dessus et non au-dessous de ces conglomèrats littoraux, comparables dans une certaine mesure au Flysch alpin.

Ainsi s'explique une série d'observations, exposées antérieurement, que j'ai faites dans le Mayombe français, belge et portugais. Ainsi peuvent s'expliquer aussi les récentes et très intéressantes observations de J. Lombard dans le chaînon du Bamba (*op. cit.*) et je pense, selon toute probabilité, que cette conception se vérifiera encore par le travail détaillé qu'entreprend notre confrère.

D'une manière générale, j'ai envisagé le Mayombe comme un pli de fond (²) du vieux socle granito-gneissique, que j'ai découvert en fenêtres au travers des complexes cristallophyllien ou quartzito-schisteux, et j'ai considéré les déformations de ces complexes comme de simples plis de couverture, ainsi qu'il ressort du profil et du texte que j'ai publiés l'an dernier (*op. cit.*, p. 237). On voit en effet, sur ces derniers, les masses relativement rigides du vieux socle se briser en coins chevauchant les uns sur les autres dans le sens correspondant à l'affaissement du bassin calcaire du Niari, et, d'autre part, la couverture sédimentaire, cristallophyllienne ou quartzito-schisteuse, suivre en se plissant inégalement les contractions du socle. Et en parfait accord avec l'affaissement du bassin calcaire, le basculage et le déversement des plis vers le Nord-Est, je rappelle que j'ai distingué dans le Mayombe, pour la première fois également, deux zones bien différenciées quant à leur style tectonique Dans la partie occidentale de l'aire cristallophyllienne, à l'ouest de Kakamoeka, Mboulou, etc., les déformations de la couverture sédimentaire se bornent, en effet, à de simples ondulations, bien différentes des plis accentués et fortement déversés que l'on observe dans la zone du Bamba-Kaba et dans ses prolon-

(¹) Conformément à la légende d'une carte que j'ai fait paraître, en 1929, dans le *Bull. Soc. géol. Fr.*, 29, 1929, p. 321.

(²) L'un des trois grands plis de fond que E. Argand distingue en Afrique.

gements structuraux; et ceci résulte sans doute de ce que les compressions du socle granito-gneissique, également fortes dans les deux zones, n'ont pas donné lieu dans la zone occidentale aux chevauchements de coins cristallins qui semblent caractériser l'autre zone.

Au paroxysme final dont j'ai parlé plus haut, succédèrent vraisemblablement une exondation et la formation des conglomérats qui, pas plus que les précédents, ne devraient être dénommés « de base » depuis qu'ils ont été déterminés par H. Lagotala comme des formations continentales, plus ou moins remaniées, d'origine glaciaire. Puis survint un affaissement et l'établissement de la mer intérieure à sédimentation calcaire, comprise entre le bourrelet du Mayombe et le massif continuellement émergé du Chaillu. Mais ce qu'il est nécessaire de noter ici, c'est qu'une importante reprise de mouvements tangentiels suivit directement la sédimentation des calcaires du Niari, en leur communiquant des plissements très accentués près du Mayombe, mais graduellement atténués vers le Nord-Est. Comme je l'ai affirmé en 1929, en m'opposant nettement à l'opinion qui prévalait alors (1), cette reprise est certainement antérieure aux brèches et formations schisto-gréseuses directement sus-jacentes, car ces dernières formations me sont apparues dans les Monts Malaka en stratification sensiblement horizontale sur les calcaires plissés (2). C'est d'ailleurs à cette reprise très importante des mouvements du Mayombe qu'est due une certaine similitude d'allure tectonique (3) entre ces calcaires et les formations quartzito-schisteuses du Mayombe, que j'ai retrouvées dans la zone de Sibiti, etc., en stratification sensiblement horizontale, et, fait absolument nouveau à cette époque, en transgression sur le vaste massif granitique du Chaillu.

MÉTÉOROLOGIE. — *Mesures des coefficients d'absorption de l'atmosphère.* Note de M. J. **Duclaux**, présentée par M. M. Brillouin.

Les mesures de la transparence de l'atmosphère, dont les premiers résultats ont été donnés (4), ont été continuées au moyen de clichés pris par

---

(1) Voir M. Sluys, *Ann. Soc. géol. Belg.*, publ. spéc. Congo, 52, 1928-1929, p. 21.

(2) Cette antériorité des plissements a d'ailleurs été confirmée par les recherches de MM. Lagotala, Ghitulescu et Studer.

(3) Signalée dans *Bull. Soc. géol. Fr.*, 29, 1929, p. 321.

(4) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1842.

M. Hugon au Pic du Midi pendant l'hiver 1932-1933. Les coefficients d'absorption se déduisent de la brillance d'objets éloignés, mesurée par photométrie photographique. La plupart se rapportent aux rayons ultraviolets transmis par un verre de Wood. Ce filtre laisse passer une bande assez large (de 3570 à 3800 Å). La longueur d'onde équivalente (c'est-à-dire celle qui donnerait, si elle était seule présente, les mêmes contrastes que la lumière complexe transmise par le filtre) est 3682 Å, dans les conditions de l'expérience, avec une incertitude qui n'atteint pas 5 Å.

Les mesures se font par un ciel absolument pur, au moins dans la région intéressée. Les cirrus qui existent parfois à l'horizon dans une direction opposée sont sans influence.

La plus grande transparence a été obtenue le 2 et le 13 novembre 1932. Les objets visés (qui sont toujours pris dans les ombres) sont des champs de neige ou des murailles rocheuses. Les distances les plus favorables, pour les mesures en ultraviolet, sont celles de 30 à 50^{km}; au delà, les contrastes deviennent trop faibles, bien qu'ils soient encore mesurables au delà de 90^{km}.

Le coefficient d'absorption de l'air peut se déduire du contraste entre la brillance d'un objet et celle du ciel adjacent. Les mesures donnent pour $\lambda = 3682$ Å :

Mire I (41^{km},7)........................ $k = 3,76.10^{-7}$
Mire II (52^{km},7)........................ $3,86.10^{-7}$

Ce mode de calcul suppose une atmosphère homogène et uniformément éclairée jusqu'à un point situé au moins à 30^{km} au delà de la mire. On pourrait objecter que cette condition n'est pas remplie. Pour lever cette objection, des mesures ont été faites sur une troisième mire comportant à la fois des parties plus sombres et des parties plus claires que le ciel; l'absorption se déduit alors du contraste entre les deux régions, et les propriétés de l'atmosphère au delà n'interviennent pas. Le résultat est

Mire III (57^{km},5)........................ $k = 3,89.10^{-7}$

Les trois nombres sont concordants. Leur moyenne est $3,84.10^{-7}$. La densité de l'atmosphère étant au moment de l'expérience 0,708 de la densité normale, le coefficient d'absorption de l'air à la densité normale, calculé en le supposant proportionnel à la densité, est $5,43.10^{-7}$. La valeur

théorique déduite de la formule de Rayleigh-Cabannes est $6,40.10^{-7}$. Le nombre expérimental est ainsi plus faible de 15 pour 100.

Ces mesures sont confirmées par d'autres, faites les mêmes jours sur des objectifs différents plus éloignés. Celles-ci sont moins précises en raison de la grande distance; de plus les mires ne sont pas uniformes et leur état n'a pu être déterminé qu'approximativement. Les calculs ont été conduits de manière à donner des valeurs maxima des coefficients d'absorption, à 10 pour 100 près environ. Les valeurs réduites aux conditions normales sont :

Mire IV ($80^{km},2$)........................	$k = 6,1.10^{-7}$
Mire V ($90^{km},2$)........................	$6,0.10^{-7}$

Enfin le coefficient d'absorption pour le jaune ($0^{\mu},58$) a été déterminé le même jour, quelques minutes après, par la même méthode et en choisissant les mêmes objectifs pour rendre les résultats comparables. Les nombres ne sont qu'approchés par suite d'une difficulté d'interprétation; la théorie indique qu'ils doivent subir une correction importante, mais elle n'est pas confirmée par l'expérience qui donne une correction très faible. Le nombre réel est ainsi compris entre un minimum théorique certainement trop bas ($1,05.10^{-7}$) et un maximum expérimental probablement un peu trop élevé ($1,34.10^{-7}$). Le nombre le plus probable est $1,25.10^{-7}$. La formule de Rayleigh-Cabannes donne $0,99.10^{-7}$. Ainsi l'absorption, qui est moins grande que le chiffre théorique dans l'ultraviolet, est plus grande dans le jaune. Si on la représente, en fonction de la longueur d'onde, par une formule en λ^{-n}, la valeur de n est 3,25 (nombre théorique 4,11). S'il y a dans l'absorption de l'air pur de la basse atmosphère un terme en $\lambda^{-4,11}$, le coefficient numérique de ce terme est en tout cas notablement plus petit que le chiffre théorique. Cette manière d'interpréter les faits rend compte en même temps des faits de visibilité à très grande distance précédemment signalés.

Les coefficients d'absorption trouvés les 2 et 13 novembre sont les plus faibles qui aient été observés jusqu'ici. Il n'y a cependant pas de raison pour croire qu'ils représentent l'absorption de l'air absolument pur. Au contraire ils pourront certainement être encore diminués, car les visibilités lointaines n'étaient pas, à ces deux dates, aussi bonnes qu'elles l'avaient été antérieurement avant que ces mesures soient entreprises.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *De l'existence de trachéides aquifères chez le* Calligonum *L.* Note de M. ROBERT LEMESLE, présentée par M. Costantin.

Se basant sur la morphologie du fruit, M. Maire (1932) estime que les deux formes de *Calligonum* connues dans le Sahara sous les noms d'atra et d'azel doivent être considérées comme des espèces bien distinctes. La première, *C. comosum* L'Hérit., est caractérisée par ses akènes à quatre côtes étroites, saillantes, couvertes de poils paucisériés, et séparées par de larges dépressions. Chez la seconde, *C. Azel* Maire, les quatre côtes sont au contraire très étalées, couvertes de poils multisériés, et elles ne laissent entre elles que d'étroits sillons.

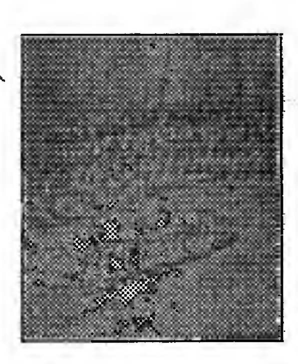
Ayant entrepris l'étude anatomique de la tige du *Calligonum Azel* Maire, nous y avons observé une structure semblable à celle du *C. comosum* L'Hérit. décrite principalement par Volkens (1887), Perdrigeat (1899) et Jönsson (1902).

La coupe transversale nous révèle les caractères suivants :

Un épiderme à parois épaisses. Une assise sous-épidermique incolore interrompue par places par des amas fibreux. Un parenchyme cortical externe assimilateur de deux rangées de cellules, la plus extérieure fortement palissadique et très chlorophyllienne, l'autre à éléments moins allongés dans le sens radial. Un parenchyme cortical interne incolore constitué de grandes cellules remplissant un rôle aquifère; dans la masse de cette zone, on remarque d'une part de petits faisceaux libéro-ligneux surnuméraires et d'autre part de gros cordons de fibres sclérifiées. Dans les tiges âgées, le péricycle forme un anneau complet de tissu de soutien à parois fortement imprégnées de lignine. Les faisceaux libéro-ligneux, distincts dans le jeune âge, se réunissent plus tard en un cylindre complet à bois secondaire très riche en fibres. La moelle est entièrement sclérifiée. De grosses macles d'oxalate de calcium se trouvent en grand nombre dans tous les parenchymes. Les tiges âgées montrent un manchon de liège d'origine sous-épidermique.

Des coupes longitudinales nous ont permis d'observer, dans la zone incolore du parenchyme cortical, des cellules spéciales situées au voisinage des faisceaux surnuméraires, à membrane pourvue d'épaississements sclérifiés en spirale ou en réseau; assez fréquemment aussi, leur paroi s'imprègne uniformément de lignine, sauf en de nombreux points formant autant de ponctuations plus ou moins étirées. Le volume de certaines d'entre elles ne dépasse pas celui des cellules parenchymateuses environ-

nantes; mais, le plus souvent, elles prennent une forme ovale ou losangique; elles peuvent aussi se renfler en massue. Leur longueur varie entre 25 et 60$^{\mu}$; leur diamètre, dans les parties les plus larges, atteint environ 22$^{\mu}$. Elles sont parfois isolées (*fig.* 1), plus fréquemment agglomérées en petits groupes (*fig.* 2). Tantôt elles sont accolées aux trachées, tantôt elles en restent séparées par une ou plusieurs assises de cellules parenchymateuses.



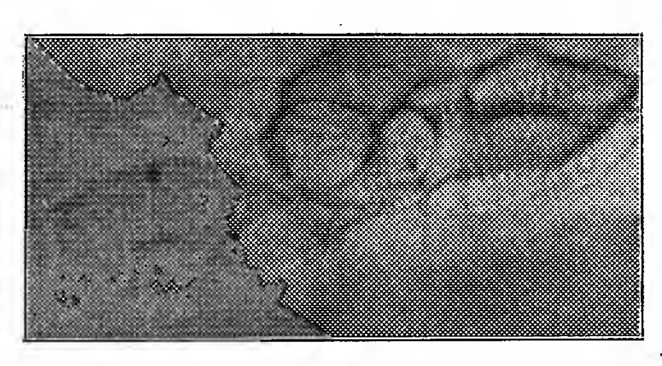


Fig. 1. Fig. 2.

Coupes longitudinales de tiges de *Calligonum Azel.*

Fig. 1. Une trachéide aquifère isolée. — Fig. 2. Un groupe de trachéides aquifères.

Ce sont des éléments de cette nature que Vesque (1882) a nommés réservoirs vasiformes. Heinricher (1885) les a désignés sous le terme de trachéides aquifères fonctionnant comme réservoirs d'eau. Ces auteurs ont constaté leur présence fréquente chez des espèces xérophiles réparties en diverses familles (Composées, Capparidées, Tamariscinées). De même Volkens (1887) en a signalé aussi dans le mésophylle des feuilles de certains végétaux désertiques d'Égypte et d'Arabie. Ces éléments que nous remarquons également chez le *C. comosum* L'Hérit. n'avaient jamais été mis en évidence dans la famille des Polygonacées.

D'après Jönsson (1902), la zone interne du parenchyme cortical du *Calligonum* ne remplit un rôle aquifère que dans les jeunes rameaux. En effet, à la suite de la compression que subit ce tissu sous l'influence de l'accroissement des formations secondaires, ses cellules doivent cesser d'être propres à l'accumulation de l'eau. C'est pour ce motif, à notre avis, que certains éléments parenchymateux avoisinant les trachées des faisceaux surnuméraires se différencient en trachées aquifères. Ces dernières continuent à servir de réservoirs lorsque les rameaux acquièrent un certain développement.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'assimilation des glucides par les tubes polliniques.* Note de M. **Henri Coupin**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Lorsque les grains de pollen tombent sur le stigmate, ils germent et émettent, chacun, un long tube pollinique qui, en s'accroissant, arrive jusqu'à un ovule, où s'opère la fécondation. Durant ce trajet, ledit tube, vivant en véritable parasite, se nourrit aux dépens des cellules qu'il perfore (ce sont surtout celles du tissu conducteur) et y trouve, dans leur protoplasma et leurs vacuoles, une copieuse quantité de protides et suffisamment de substances minérales, de lipides et de glucides pour assurer son accroissement. C'est là un fait bien connu dans son ensemble, mais encore assez peu fouillé dans son détail. Il serait, par exemple, intéressant de savoir comment le tube pollinique assure exactement sa nutrition azotée, sa nutrition minérale et sa nutrition carbonée.

C'est sur ce dernier point seulement que, pour l'instant, j'ai porté mon attention en faisant quelques observations méthodiques sur la germination de grains de pollen obtenue en chambres humides Van Tieghem et Le Monnier, où, moyennant certaines précautions, elle s'effectue presque aussi bien que sur leur milieu naturel, du moins pendant quelque temps. Suivant la technique habituelle, on sème les grains de pollen bien vivants (leur vitalité ne dure, malheureusement, que quelques jours) sur gouttes pendantes constituées par de l'eau légèrement, mais suffisamment minéralisée, eau à laquelle on ajoute une petite quantité de différents glucides en proportion suffisante pour éviter leur éclatement, c'est-à-dire isotonique avec leur contenu et l'on observe la germination pendant deux ou trois jours. En général, cette germination commence au bout d'un petit nombre d'heures mais s'arrête si le glucide mis en expérience n'est pas susceptible d'assurer sa nutrition, tandis qu'elle continue si la substance hydrocarbonée est assimilable.

En prenant comme exemple le pollen du *Narcissus pseudo-Narcissus*, j'ai ainsi reconnu que ses tubes polliniques peuvent se nourrir indifféremment aux dépens de divers Monosaccharides, Saccharides et Polysaccharides, mais non de glucols ou alcools polyatomiques (Glycérol, Erythrol, Mannitol). Toutefois, la véritable nature des glucides envisagés est à considérer. C'est ainsi que, parmi les Monosscharides, si le galactose est favorable, le glucose et le mannose se sont montrés médiocrement assimi-

lables et le lévulose nullement. De même, parmi les Saccharides, si le saccharose (très actif à ce point de vue) et le maltose sont nettement assimilables, le lactose ne semble l'être que modérément. Quant aux Polysaccharides, ils ne peuvent nourrir les tubes polliniques sous forme d'inuline et de glycogène, mais sont assimilables sous forme (¹) d'amidon et de dextrine, cette dernière se montrant particulièrement favorable et leur permettant d'atteindre une longueur de 1 à 3^{mm} en 24 heures, délai au bout duquel ils attestent encore l'exubérance de leur accroissement (gêné par le milieu anormal où ils vivent) en se renflant à leur extrémité libre, en une massue sphérique ou pyriforme deux à six fois plus grosse que le grain de pollen dont ils sont issus.

En résumé, les deux glucides les plus favorables à la nutrition carbonée des tubes polliniques indiqués sont le saccharose et, plus nettement encore, la dextrine qui en semble l'élément nutritif de choix bien que cependant (et le fait est à noter) ce glucide ne paraisse pas exister tel quel dans les tissus végétaux.

Ces conclusions ne valent, comme je l'ai dit plus haut, que pour le *Narcissus pseudo-Narcissus*; rien ne dit qu'elles seraient les mêmes pour d'autres espèces de fleurs, même appartenant à des types très voisins et si, dans ce cas, elles n'étaient pas identiques, il se pourrait que ce fût là une des raisons pour lesquelles certaines espèces ou variétés ne s'hybrident pas entre elles.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence d'un alcaloïde non oxygéné dans* Gelsemium sempervirens. Note de M. V. **Hasenfratz**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Le rhizome et les racines de *Gelsemium sempervirens* ou Jasmin jaune, plante de la famille des Loganiacées, renferment à côté de la gelsémine $C^{20}H^{22}O^2N^2$ et de la gelsémicine $C^{20}H^{25}O^4N^2$ (?), toutes deux incolores, un troisième alcaloïde coloré cristallisé, la *sempervirine*, découvert par Stevenson et Sayre (²). Cette base paraît identique au produit extrait plus

(¹) Vraisemblablement aussi sous forme de cellulose si l'on observe le comportement des tubes polliniques qui traversent les cellules du tissu conducteur et se nourrissent sans doute des produits de transformation des membranes qu'ils perforent.

(²) Stevenson et Sayre, *J. Amer. pharmac. Assoc.*, 4, 1915, p. 1458.

tard par T. Q. Chou [1] et désigné par cet auteur sous le nom de *sempervine*. On ne possède aucun renseignement sur la composition de cet alcaloïde.

Les recherches dont l'exposé fait l'objet de cette Note ont pour but de combler cette lacune. Elles montrent, notamment, que la sempervirine est une base végétale *non oxygénée*, *inactive* sur la lumière polarisée et dont le nitrate est presque insoluble dans l'eau.

Sempervirine $C^{19}H^{16}N^2 + H^2O$ [2]. — Cet alcaloïde précipite à l'état cristallisé lorsqu'on traite à chaud, par un alcali, la solution alcoolique de son chlorhydrate. Au sein de l'alcool concentré la sempervirine se dépose en lamelles losangiques très brillantes dont la couleur peut varier du jaune orangé au rouge brun selon leur épaisseur; au sein de l'alcool dilué elle forme des aiguilles lamelleuses : F = 258°-260°, au bloc Maquenne.

La sempervirine contient une molécule d'eau de cristallisation qui s'élimine dans le vide, à 100°. Sa saveur est très amère.

Elle est soluble dans l'alcool en donnant une liqueur dont la teinte varie du jaune au rouge brun selon la concentration en alcaloïde; les solutions assez diluées pour paraître incolores manifestent une fluorescence bleu violet intense. La sempervirine est soluble dans le chloroforme et la pyridine, assez peu soluble dans l'acétone, et insoluble dans l'éther et le benzène.

L'acide sulfurique concentré en présence d'une trace d'alcaloïde possède une belle fluorescence bleu violet.

La sempervirine en solution chloroformique est *inactive* sur la lumière polarisée.

Chlorhydrate de sempervirine $C^{19}H^{16}N^2, ClH + 2H^2O$. — C'est un corps jaune très soluble dans l'eau; par addition d'acide chlorhydrique la solution obtenue fournit un abondant précipité très difficilement soluble à froid en liqueur acide. Par contre, il se dissout à chaud et se dépose par refroidissement en longues lamelles.

Le chlorhydrate cristallise de ses solutions alcooliques chaudes sous la forme d'amas sphéroïdaux constitués par de fines aiguilles rayonnant autour d'un centre. Les cristaux recueillis et séchés à l'air renferment deux molécules d'eau de cristallisation qu'ils perdent à 100° dans le vide. Le chlorhydrate ainsi desséché est très avide d'eau et reprend rapidement ces deux molécules d'eau au contact de l'air.

---

(1) T. Q. Chou, *Chinese Journ. physiol.*, 5, 1931, p. 295.

(2) Les analyses et les autres détails seront publiés ailleurs.

Les solutions aqueuses ou alcooliques diluées de chlorhydrate de sempervirine possèdent une fluorescence bleue. Le chlorhydrate de sempervirine dissous dans l'eau est sans action sur la lumière polarisée; il donne des précipités avec les réactifs des alcaloïdes et notamment avec l'acide silicotungstique.

Nitrate de sempervirine $C^{19}H^{16}N^2$, $NO^3H + 2H^2O$. — On l'obtient en traitant par l'acide nitrique une solution aqueuse de chlorhydrate. Le précipité qui se forme est recueilli puis dissous dans l'alcool chaud; le nitrate se dépose par refroidissement en aiguilles rouge brun renfermant deux molécules d'eau de cristallisation, très peu solubles dans l'eau, même bouillante, et moins encore dans l'eau chargée d'acide nitrique. Les solutions de chlorhydrate au 1/20000e précipitent nettement par l'acide nitrique; cette insolubilité est tout à fait comparable à celle du nitrate de cinchonamine signalée par A. Arnaud (1).

Picrate de sempervirine $C^{19}H^{16}N^2$, $C^6H^2(OH)(NO^2)^3$. — Précipité jaune cristallisé obtenu en traitant par l'acide picrique les solutions aqueuse ou alcoolique de chlorhydrate.

Chloroplatinate de sempervirine $(C^{19}H^{16}N^2, ClH)^2Cl^4Pt$. — Précipité jaune cristallin résultant de l'action du chlorure de platine sur le chlorhydrate dissous dans l'eau ou l'alcool.

L'ensemble de ces résultats justifie la formule $C^{19}H^{16}N^2$ que nous attribuons à la sempervirine.

Il existe donc dans *Gelsemium sempervirens* ou jasmin jaune, à côté de la gelsémine et de la gelsémicine, alcaloïdes cristallisés incolores, renfermant de l'oxygène et actifs sur la lumière polarisée, une troisième base également cristallisée, la *sempervirine*, substance *colorée*, *dépourvue d'oxygène* et, fait exceptionnel dans le groupe des alcaloïdes végétaux, *inactive* sur la lumière polarisée.

La sempervirine, dont le nitrate est presque insoluble dans l'eau, vient prendre place sur la liste peu nombreuse des bases végétales non oxygénées telles que la nicotine, la coniine et la spartéine.

---

(1) A. Arnaud, *Comptes rendus*, **97**, 1883, p. 174.

ZOOLOGIE. — *Sur le long filament pygidial de* Sigalion Mathildæ *Aud. et M.-Edw. Rapprochement avec le cirre caudal de quelques Hétéronémertes et le prolongement filiforme de certains Gastéropodes Hétéropodes.* Note de M. **Armand Dehorne**, présentée par M. F. Mesnil.

Le pygidium des Sigalionides (Polychètes aphroditiens) porte deux cirres, ou urites, dont la longueur dans les différentes espèces ne dépasse guère $2^{mm},5$. Une curieuse exception, non encore signalée, vient de nous être fournie par *Sigalion Mathildæ*, espèce commune dans le fin sable vaseux du port de Boulogne et qui a été déterminée par J.-G. Darboux en 1899.

Tout d'abord, il n'existe jamais qu'un seul urite, et l'on ne peut attribuer ce fait à la chute accidentelle d'un autre appendice, car l'observation a été pratiquée sur de nombreux exemplaires, récoltés avec le plus grand soin et rapportés au laboratoire peu éloigné dans la portion même de sable qui les renfermait. Ce qui frappe, en outre, c'est son extrême allongement et son aspect de gracilité, car il mesure jusqu'à $1^{cm},5$, chez des exemplaires adultes de 8 à 9^{cm}. Aussi ne suffirait-il pas, pour le désigner avec justesse, d'employer l'expression d'urites longs ou encore celle d'urites filiformes comme on le fait pour *Psammolyce arenosa*, par exemple.

Chez les Sigalionides, on ne trouve pas de cirres dorsaux, et, puisque l'appendice pygidial de notre espèce se montre toujours inséré en dessous de l'anus et un peu sur le côté, on peut l'homologuer comme une cirre ventral transformé. C'est le plus souvent, nous a-t-il semblé, le cirre droit, et son symétrique gauche avorte à cause même du développement insolite et de l'allongement exceptionnel du premier. Soulignons d'autre part le vif contraste entre l'extrême réduction des deux antennes au lobe céphalique et la longueur paradoxale de cet urite unilatéral persistant, qui leur répond à l'extrémité opposée. Sa structure se laisse ramener à celle d'un cirrostyle ordinaire et il est constitué essentiellement par un nerf axial enveloppé d'éléments épidermiques aplatis. Il montre une tendance à la torsion autour de son axe et il peut s'enrouler en spirale vers sa partie distale. Particularité intéressante, l'un de ses bords aligne plusieurs centaines de papilles saillantes, non glandulaires, qui lui confèrent un aspect caractéristique en dents de scie. L'existence de si nombreuses sensilles réceptrices sur toute sa lon-

gueur ne laisse aucun doute sur l'importance de cet organe sensoriel postérieur dans la physiologie de l'animal.

L'attitude normale de *Sigalion Mathildæ* est la suivante : il vit enroulé en une spirale pyramidale (son bord gauche étant en général intérieur) dans laquelle la tête se trouve amenée à proximité de l'extrémité postérieure. La trompe exsertile est ainsi prête à se précipiter à l'endroit même où le long appendice à papilles traîne dans le sable. Nous croyons en effet que ce dernier renseigne l'annélide lovée, en fonctionnant non loin du lieu où se tient la tête, comme organe tactile ou olfactif chargé de lui révéler l'approche et la nature des proies dont il fait sa nourriture. La sensibilité des terminaisons nerveuses des papilles, qui nous paraissent plutôt répondre à un comportement olfactif, commanderait en somme la protraction brusque de la trompe préhensile.

La brève observation précédente permet de ramener l'attention sur deux autres catégories d'animaux qui possèdent, eux aussi, à la fois une trompe et un filament terminal du corps. Un certain nombre d'Hétéronémertes, parmi lesquels *Cerebratulus marginatus* vivant à Boulogne dans le même sable que *S. Mathildæ*, présentent en arrière un prolongement grêle très singulier qui a été étudié chez *Zygeupolia*. Il est constitué d'un mince fourreau tégumentaire ne renfermant guère que les deux cordons nerveux latéraux et une faible quantité de parenchyme et il doit être considéré comme un organe essentiellement nerveux jouant sans doute le même rôle que le filament sensoriel du polychète.

On connaît d'autre part chez les Gastéropodes Hétéropodes plusieurs formes pourvues d'un filament postérieur, lequel représente ici une terminaison du métapodium (*Proteosoma*, *Pterotrachea*, *Filarioïdes*). Ce sont aussi des animaux à trompe et chez lesquels les tentacules antérieurs ont disparu ou sont en régression. Sans vouloir dénier toute action hydrostatique à ce bizarre appendice, nous lui attribuons un rôle sensoriel plus évident, en rapport avec la signalisation et la capture de proies pélagiques.

Conclusion. — La possession d'une trompe protractile, la réduction extrême ou l'absence d'appendices céphaliques et le développement d'un long organe filiforme compensateur à la partie postérieure, sont trois caractères étroitement associés dans un certain nombre de formes animales carnassières d'Invertébrés.

PHYSIOLOGIE. — *Réaction du résonateur pharyngien sur la vibration des cordes vocales pendant la phonation.* Note (¹) de M. **Raoul Husson**, présentée par M. Lapicque.

I. Helmholtz et ses élèves, alléguant la *brièveté* et *l'insuffisante rigidité* du tube additionnel pharyngo-buccal, ont affirmé que nos cavités vocales ne pouvaient réagir sur le son du larynx. Cette réaction, que certaines expériences de Thooris (²) faisaient déjà entrevoir, est mise en évidence par l'observation suivante, effectuée par M. Tarneaud et nous-même :

Nous avons examiné au *stroborama* (³) un mezzo-soprano dont l'émission était quasi impossible dès l'*ut*-4. Le sujet présentait : le larynx très élevé; l'épiglotte et la langue presque rabattues sur le larynx; le pharynx contracté et considérablement réduit en volume. Corrélativement le son était dépourvu d'harmoniques graves et *de faible intensité malgré d'épuisants efforts de souffle* faits par le sujet. Cependant l'observation stroboscopique montrait une vibration des cordes vocales d'*amplitude énorme, anormale,* atteignant 4^{mm} de part et d'autre du plan vertical médian de la glotte. Nous avons donné à ce fait le nom de *phénomène paradoxal de Tarneaud.*

Ce phénomène nous a paru être sous la dépendance de l'accord (⁴) de la cavité pharyngée sur le son du larynx. Nous avons été ainsi conduit à étudier par le calcul les variations de l'énergie vibratoire laryngée transmise par le pharynx en fonction de son accord sur le son du larynx.

Au voisinage de chaque son propre de la cavité pharyngée, l'énergie transmise au pharynx s'obtient par la discussion de l'équation classique

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2\lambda\frac{dx}{dt} + Cx = \sum_{p=1}^{p=n} A_p \sin(p\omega t + \varphi_p),$$

où le second membre représente la force imposée par les n harmoniques constituant le son du larynx.

L'étude de la variation de cette énergie en fonction des fréquences des

(¹) Séance du 1er mai 1933.
(²) *Le Chant humain*, p. 189 (Amédée Legrand, éditeur, Paris, 1927).
(³) Tarneaud, *Bull. Acad. Méd.*, **107**, nº 20, 24 mai 1932, p. 702.
(⁴) A. Labriet et R. Husson, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1680; **181**, 1925, p. 358.

sons propres du pharynx montre que : *l'énergie transmise par le pharynx atteint son maximum maximorum lorsque le « son propre » le plus grave du pharynx est sensiblement accordé sur l'harmonique le plus grave possible du son du larynx.*

Ceci admis, l'explication du phénomène paradoxal indiqué plus haut est la suivante : la diminution de volume du pharynx ne permet pas son accord sur un harmonique grave du son du larynx; dès lors, l'énergie transmise par le pharynx n'est plus qu'une faible partie de l'énergie vibratoire développée par le larynx; le sujet réalise des pressions sous-glottiques élevées, et en conséquence des vibrations laryngées d'amplitude énorme, sans parvenir à augmenter notablement la quantité d'énergie transmise par le pharynx à l'onde vocale extérieure.

A titre de vérification, nous avons observé chez le même sujet l'émission des sons avec le larynx abaissé, et en lui indiquant d'effectuer dès le *ré-4* le passage [1] (couverture du son; allemand : *Deckung*). Dès lors : le pharynx reprend son volume normal ; les harmoniques graves du son réapparaissent; l'intensité de la voix *augmente*, tandis que l'amplitude de la vibration des cordes vocales *diminue* et redevient normale.

Il y a lieu d'admettre que le pharynx réagit sur le larynx. Toutefois, en général, c'est le pharynx qui s'accommode par modification de volume; la réaction sur le vibrateur laryngien n'est observable que dans les cas où les possibilités d'accommodation du pharynx sont diminuées ou annulées.

II. L'existence d'une réaction exercée par le pharynx sur le larynx permet de choisir entre les deux explications possibles du rôle de la cavité pharyngo-buccale dans la formation de la voix : cavitée relancée *in tempo* du son du larynx (Willis, Hermann); ou cavité excitée par résonance (Helmholtz). Comme une cavité relancée *in tempo* ne peut exercer aucune réaction sur le mécanisme excitateur, on est en droit de conclure que la cavité pharyngo-buccale, dans la phonation, joue le rôle d'un véritable *résonateur associé au vibrateur laryngien et réagissant sur lui.*

La formation de la voix humaine, au point de vue mécanico-acoustique, résulte donc du fonctionnement d'un *couplage laryngo-pharyngien*, relativement *serré*, au sens de Wien et de Vogel, et dont le degré de *liaison* croît du grave à l'aigu à mesure que le résonateur pharyngien se contracte, c'est-à-dire perd son amortissement. Les passages de la voix ne sont que

---

[1] A. Labriet et R. Husson, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 342.

les fréquences critiques de ce système couplé (*Resonanzbruchstellen*). Des considérations analogues ont été développées par D. Weiss ([1]).

III. Ces phénomènes ont d'importantes conséquences au point de vue de l'enseignement du chant. Deux systèmes pédagogiques, parfois préconisés, apparaissent comme particulièrement dangereux :

1° L'emploi de positions laryngées systématiquement élevées;

2° La non-exécution des passages de la voix.

Dans les deux cas, le couplage laryngo-pharyngien est à la fois *déréglé* par la diminution anormale du volume du résonateur pharyngien, et rendu *plus serré* par la contraction de ses parois qui diminue son amortissement. Il en résulte une réaction très accusée du pharynx sur le larynx, laquelle détermine différents troubles de motricité des cordes vocales aisément observables au laryngo-stroboscope.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la visibilité de l'ultraviolet jusqu'à la longueur d'onde* 3130. Note de M. **Jean Saidman**, présentée par M. Ch. Fabry.

La perception d'une sensation lumineuse par la rétine, lorsque l'œil est exposé au rayonnement ultraviolet, a été l'objet de travaux contradictoires.

Helmholtz, éliminant le spectre visible, décèle avec une sensation de couleur gris lavande, l'ultraviolet jusqu'à la raie R (3286 A). De Chardonnet admet que le cristallin absorbe tout l'ultraviolet et que seuls les sujets opérés de la cataracte peuvent voir la partie du spectre comprise entre les raies O et T (3341 à 3020 A).

Un grand nombre d'auteurs ont étudié, par les méthodes spectrographiques, l'absorption des ultraviolets par les divers milieux de l'œil. On admet généralement que le cristallin protège la rétine contre les radiations de longueur d'onde inférieure à 3200, bien que des transparences pour des longueurs d'onde plus petites aient été parfois constatées. L'étude de la transmission par les milieux de l'œil ne résout d'ailleurs pas la question de sensibilité de la rétine.

Il était donc utile d'étudier systématiquement la visibilité de l'ultraviolet, particulièrement de la région au-dessous de 3300 (car la visibilité du début de l'ultraviolet, particulièrement des raies 3650 du mercure, n'est pas

([1]) D. Weiss, *Zeitschr. für H.-N. Ohrenheilk.*, 30, 1932, p. 353.

contestée), avec un dispositif assez commode pour être appliqué à un grand nombre de sujets. La méthode spectroscopique exige un appareillage compliqué et ne donne pas facilement un rayonnement monochromatique assez intense sans mélange de radiations parasites.

J'ai donc cherché à réaliser un filtre qui absorbe complètement les radiations du spectre visible, ainsi que la portion initiale de l'ultraviolet, tout en conservant une bonne transparence vers 3100.

Les divers filtres utilisés jusqu'à présent (couche d'argent métallique, association de cuves contenant des solutions de nitrosodiméthylaniline, du chromate ou du monochromate de K) réduisent considérablement le flux ultraviolet, si bien que la quantité d'énergie transmise par l'écran peut être insuffisante pour produire une sensation lumineuse.

J'ai adopté une cuve constituée par des parois d'un verre spécial à l'oxyde de nickel et contenant une solution de sulfate de nickel. Adaptée à une lampe à vapeur de mercure, elle présente son maximum de transparence (24 pour 100) à 3130 A et sa bande de transmission s'étend de 3341 à 2650 A. Les parois (épaisses de 4^{mm}) sont en boro-phosphate de baryum et d'alumine additionné d'oxydes de cobalt et de nickel, préparé par M. Long et dont nous avons publié par ailleurs la courbe de transmission sous le nom de verre Solaix W6 : sa transparence va de 4300 à 2500 A.

La cuve contient une solution saturée de sulfate de nickel pur, sous une épaisseur de 4^{cm}, destinée à absorber le violet et l'ultraviolet jusqu'à 3400 A. Nous l'avons préconisée dès 1924 pour la préparation de cuves pour les lampes à arc utilisées en médecine, en raison de sa grande transparence dans l'ultraviolet et de son absorption dans l'infrarouge. Depuis, le sulfate de nickel a été adopté par Jones en 1928, avec des cuves épaisses d'un centimètre et transparentes jusqu'à 3600, en solution à 50 pour 100.

Notre cuve constitue un excellent filtre pour l'étude des phénomènes de fluorescence produits par les ultraviolets de 3130 à 2800 A; elle permet également de mesurer avec des piles thermo-électriques la portion de l'ultraviolet susceptible de provoquer un érythème.

L'étude de la visibilité de l'ultraviolet devient facile : en examinant à travers la cuve un certain nombre de sources émettant des rayons de longueur d'onde inférieure à 3350 A, on distingue d'une part un halo ou brouillard de couleur lavande, produit par la fluorescence du cristallin (mais moins accusé que celui produit par la raie 3650 A de la vapeur de mercure) et, d'autre part (jusqu'à un certain âge), l'image de la source

des rayons (disque solaire, arc d'une lampe à mercure, flamme et électrodes d'un arc voltaïque, filament incandescent des lampes à tungstène munies d'une paroi spéciale). Selon l'éclat de la source, dans cette partie du spectre, elle paraît violette ou bleuâtre.

Pour m'assurer que cette impression lumineuse de la rétine est bien due à l'ultraviolet de longueur d'onde inférieure à 3400 A, j'interpose entre la source du rayonnement et la cuve une lame de verre transparente à 3650 A mais opaque pour 3341 A; toute sensation lumineuse disparaît. Si l'on interpose un verre transparent à 3341 et opaque à 3130, la visibilité de l'arc au mercure est à peine perceptible. L'impression lumineuse est donc due presque exclusivement au groupe de raies 3130-3022 A.

Pour étudier les variations de cette visibilité en fonction de l'âge, j'ai examiné 102 sujets à l'Institut d'Actinologie et à l'Hôpital des Enfants-Malades (service du Dr Le Mée), dont 38 médecins et étudiants en médecine, considérés comme normaux. Chacun devait décrire l'aspect de l'arc au mercure vu à travers de l'écran. Les uns le voyaient parfaitement; les autres ne voyaient rien du tout ou un simple halo dû à la fluorescence du cristallin.

Une première constatation s'impose au cours de ces recherches préliminaires : c'est que la visibilité de la région 3130, constante dans la jeunesse, disparaît entre 34 et 43 ans environ. Parmi les personnes âgées de 43 à 73 ans, aucune n'a vu l'image de la source.

Jusqu'à l'âge de 33 ans, tous les sujets ont bien décrit l'arc vu en violet ou mauve ou bleu, sauf une femme qui voyait avec l'œil gauche, mais pas avec le droit (qui paraissait normal par ailleurs).

L'âge intermédiaire dans notre statistique, va de 34 à 43 ans : sur 29 sujets, 20 voient des deux côtés, 2 ne voient que d'un œil et 7 ne voient rien.

Enfin, il faut noter que parmi les 72 sujets qui voient l'ultraviolet avec les deux yeux, 52 indiquent une impression visuelle égale des deux côtés et 22 voient beaucoup mieux d'un côté.

Il résulte de ces recherches, que le cristallin humain n'est pas aussi opaque qu'on le supposait d'après les pièces d'autopsie. La disparition de la visibilité de l'ultraviolet jusqu'à 3130 A serait un signe de vieillissement du cristallin et le procédé décrit pourrait être utilisé en ophtalmologie pour déceler les débuts de sclérose oculaire.

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Action des ultra-pressions sur le suc pancréatique*. Note de MM. **J. Basset**, **M. Lisbonne** et **M.-A. Machebœuf**, présentée par M. Roux.

Les recherches poursuivies par deux de nous sur l'action des très hautes pressions sur les microbes et les diastases ([1]) nous ont conduits à étudier le comportement du suc pancréatique dans de semblables conditions.

Le suc pancréatique pur est en effet un objet de travail d'un intérêt spécial du fait de sa teneur en diastases diverses, des particularités que présente son activation tryptique et de sa forte alcalinité.

Jusqu'à quel point peut-on, par l'application ménagée des pressions élevées, détruire certains de ses éléments actifs sans altérer les autres? Peut-on, au sein de ce liquide si complexe, dissocier les mécanismes intriqués des activations kinasique, calcique et acide, comme on peut le faire par d'autres agents physiques? Telle est l'étude que nous avons entreprise.

Nos expériences ont été faites avec du suc pancréatique de chien (suc de secrétine) recueilli par catéthérisme du canal de Wirsung avec les précautions minutieuses, l'asepsie et la propreté chimique recommandées par Delezenne ([2]).

Le suc est soumis à des pressions allant de 10000 à 15000^{atm}, suivant la technique établie au cours de nos recherches antérieures.

Le tableau suivant rend compte des résultats :

([1]) J. Basset et M. A. Machebœuf, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1431; 196, 1933, p. 67 et 1138.

([2]) Ce suc est directement inactif sur les protéines; il n'acquiert le pouvoir tryptique que par adjonction d'une enzyme (kinase) ou d'ion calcium, ou d'acide en quantité convenable (pH-4.4,1) (Lisbonne).

La filtration sur collodion, l'exposition à la lumière ultraviolette font perdre au suc la capacité de s'activer par le calcium, tout en lui conservant celle de s'activer par les kinases. De ces faits, Delezenne a conclu que le suc pancréatique renferme une prokinase que les sels de calcium transforment en kinase.

Nature du suc pancréatique.	Pressions en atmosphères.	Durée des séjours sous pression en minutes.	État du suc après l'action de la pression.					
			Activabilité par					
			kinase.	calcium.	acide.	Trypsinogène.	Amylase.	Lipase.
Normal...	11000	35	+	+ (retard)	o	normal	normale	détruite
» ...	11000	40	+	+ (retard)	o	normal	normale	détruite
» ...	13500	30	+	+ (retard)	o	normal	normale	détruite
» ...	15500	45	+	+ (retard)	o	réduit du tiers environ	réduite de deux tiers	–
Activé....	13500	45	Activé avant action de la pression			trypsine réduite de moitié	détruite [1]	–

1° *Dissociation des activations kinasique, calcique et acide du trypsinogène.* — Comme on le voit, l'action de la pression supprime à coup sûr l'activabilité du suc pancréatique par l'acidification, tout en laissant persister celles par la kinase ou par le calcium. C'est là la démonstration expérimentale que les sels de chaux demeurent étrangers au phénomène de l'activation par les acides. On reviendra ultérieurement sur l'intérêt doctrinal de ce fait.

Contrairement à l'ultrafiltration et à l'irradiation ultraviolette, l'action des ultra-pressions dans les conditions de nos expériences ne détruit pas la prokinase; le suc pancréatique pressé s'active en effet par les sels de calcium. Mais, chose curieuse, cette activation qui se produit en 6 ou 7 heures à 40°, avec les sucs normaux, ne se produit qu'après 14 à 16 heures, avec les sucs pressés. Peut-être deviendrait-elle impossible avec des sucs comprimés plus fortement ou plus longtemps; ceci est à étudier.

2° *Résistance des diastases du suc pancréatique.* — La lipase du suc pancréatique est très sensible à l'action des hautes pressions, comme elle l'est, du reste, à la chaleur et à la lumière ultraviolette.

L'amylase du suc normal est, par contre, très résistante, et il faut arriver aux plus fortes pressions dont nous disposions pour annihiler seulement une part de son action (les deux tiers environ).

Le trypsinogène, en tant que proferment, est peu sensible à la compression; mais lorsqu'il est transformé en ferment directement actif, il se laisse atténuer plus facilement.

En comparant ces résultats à ceux déjà obtenus par deux d'entre nous [2],

---

[1] L'amylase présente dans ce suc au moment de la montée de la pression était déjà réduite du fait de l'activation tryptique; la pression l'inactive totalement.

[2] *Loc. cit.*

on note que la lipase pancréatique est beaucoup plus sensible aux ultra-pressions que les autres diastases étudiées jusqu'ici, tandis que l'amylase pancréatique est parmi les plus résistantes. La trypsine active qui perd environ 50 pour 100 de son activité si on la soumet pendant 45 minutes à 13000^{atm} réagit aux ultra-pressions d'une façon comparable à celles de la sucrase et des oxydases.

Il est à noter que le suc pancréatique est un milieu nettement alcalin et très visqueux. La résistance des diastases aux ultra-pressions est peut-être fonction du pH et de la viscosité. Dans le présent travail, nous avons toujours opéré sur les sucs pancréatiques tels que nous les avons obtenus, sans modifier leurs propriétés physico-chimiques.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Production d'urobiline par action des rayons ultraviolets sur la chlorophylle et les porphyrines.* Note [1] de M. **B. Gouzon**, présentée par M. A. Desgrez.

Hématines, porphyrines, bilirubines et urobilines constituent les termes principaux d'une filiation de pigments qui présente, dans le règne animal, une importance considérable.

On admet que la transformation de l'hématine en bilirubine se fait, *in vivo*, en passant par une porphyrine; inversement, on a pu, *in vitro*, obtenir une porphyrine à partir de la bilirubine (H. Fischer et Lindner) [2]. L'organisme animal produit, d'autre part, un chromogène incolore : l'Urobilinogène que Fischer et Meyer-Betz ont assimilé au mésobilirubinogène, corps cristallisé et bien défini, produit de réduction artificiel de la bilirubine. Cet urobilinogène s'oxyde facilement pour donner un pigment : l'urobiline, moins bien connue chimiquement et caractérisée, en particulier, par sa fluorescence verte, surtout en présence de sels de zinc.

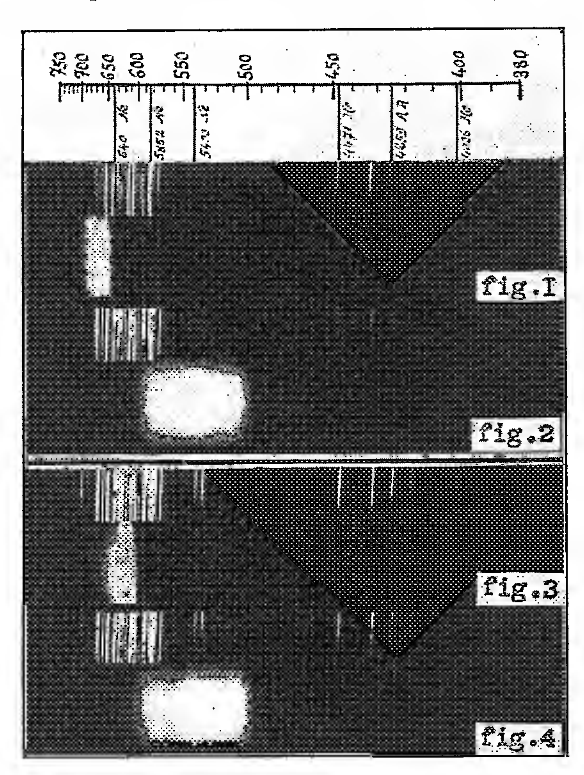
Une urobiline peut également dériver de la chlorophylle; en effet, en 1911, H. Bierry et J. Larguier des Bancels [3] ont signalé que les solutions alcooliques de chlorophylle, exposées aux rayons ultraviolets d'un arc au mercure se décoloraient rapidement et donnaient, après une durée d'irradiation allant de 12 à 24 heures, les réactions chimiques de l'urobiline.

Récemment, Richter [4] a confirmé ces résultats et montré de plus que

(1) Séance du 8 mai 1933.
(2) *Zeitschrift f. Physiol. Chemie*, 153, 1926, p. 54.
(3) *Comptes rendus*, 153, 1911, p. 124.
(4) *Anzeiger der Akad. der Wissens*, Wien. 6, 1932, p. 54.

certains pigments végétaux, du groupe des anthocyanes subissaient, eux aussi, des transformations profondes par exposition aux rayons de courte longueur d'onde.

J'ai repris cette méthode de désintégration par l'ultraviolet pour l'appliquer non seulement à la chlorophylle, mais encore à une porphyrine d'origine animale : l'hématoporphyrine dont la fragilité aux rayons < 380$^{m\mu}$ avait été déjà remarquée. S'adressant ainsi à des pigments doués d'une



fluorescence rouge caractéristique, on peut, grâce à l'étude de leur spectre de fluorescence, en suivre constamment les stades de décomposition et saisir en quelque sorte au passage, à mesure que se prolonge l'irradiation, les produits de transformation intermédiaires.

Chlorophylle. — On a irradié, sous un écran laissant passer seulement l'ultraviolet d'un arc au mercure, une solution chloroformique de chlorophylle purifiée par la méthode de Tswett : adsorption fractionnée sur du carbonate de chaux. Cette solution, placée dans un tube de quartz, était refroidie par un courant d'eau froide passant dans un deuxième tube intérieur, afin d'éviter que la température ne s'élève à plus de 40°. Exposée

dans ces conditions aux rayons ultraviolets, la solution se décolore peu à peu et passe du vert foncé au brun puis au jaune pâle. En même temps, les deux bandes de fluorescence primitives de la chlorophylle 693-676$^{m\mu}$ et 660-650$^{m\mu}$ (*fig.* 1) s'atténuent peu à peu et font place, après une durée d'irradiation de 11 heures, à une large bande de fluorescence de plus en plus intense, qui occupe toute la région jaune et verte du spectre (*fig.* 2). La position de cette bande 605-495$^{m\mu}$, indique la présence d'urobiline, confirmée par les réactions chimiques.

Hématoporphyrine. — On a opéré, dans les mêmes conditions, sur une solution d'hématoporphyrine dans du chloroforme additionné de pyridine (pour en faciliter la dissolution). On observe alors un phénomène analogue, quoique beaucoup plus rapide. Après une durée d'irradiation de 3 heures seulement, la solution, primitivement rouge brun, s'est à peu près complètement décolorée. La bande de fluorescence de l'hématoporphyrine 645-615$^{m\mu}$ (*fig.* 3) s'est atténuée graduellement, tandis qu'apparaissait, dans le jaune et le vert, une large bande comprise entre 605 et 493$^{m\mu}$, identique à celle que donne la chlorophylle et qui indique ici encore la présence d'urobiline (*fig.* 4).

Des résultats tout à fait comparables ont été obtenus par irradiation de solutions d'ooporphyrine, ou protoporphyrine retirée des coquilles d'œufs d'oiseaux. Toutefois, ce dernier pigment paraît plus résistant que l'hématoporphyrine à l'action chimique de l'ultraviolet, puisqu'il a fallu une irradiation de 5 à 6 heures pour l'amener jusqu'au stade urobiline.

Conclusion. — L'irradiation, par les rayons ultraviolets, de solutions de chlorophylle et d'hématoporphyrine permet au moyen d'un agent exclusivement lumineux, sans l'aide de la chaleur ni d'aucun agent chimique, d'obtenir un produit de désintégration qui présente les caractéristiques spectrales et les réactions chimiques de l'urobiline.

De même que l'œtioporphyrine paraît être (H. Fischer) le point de départ commun pour l'édification des deux pigments du règne animal et du règne végétal : hémoglobine et chlorophylle, de même, il semble bien que l'urobiline doive représenter un stade de dégradation commun à ces deux pigments.

BACTÉRIOLOGIE. — *La courbe d'évolution d'une culture de virus de la peste aviaire.* Note de M. **Harry Plotz**, présentée par M. Roux.

Nous avons déjà démontré ([1]) que le virus de la peste aviaire peut être cultivé dans un milieu constitué par une suspension de fragments d'embryon de poulet dans du liquide de Drew. Lors de nos premières expériences, nous avions pu obtenir quinze passages de ce virus; depuis nous avons pu en obtenir 50. Ce cinquantième passage représente une dilution du virus initial a 6^{50} et ne peut, de fait, être considéré autrement que comme une culture du virus.

On sait que l'évolution de la culture d'un microbe *visible* comprend d'abord une période de latence durant laquelle le germe ne se développe pas; puis une période de croissance qui est suivie plus ou moins rapidement d'une période où le nombre de germes vivants diminue. Il nous a paru intéressant de rechercher si une pareille évolution se produit lorsqu'on cultive un virus filtrant.

Voici la technique que nous avons employée :

On prépare une série de ballons dont chacun contient 4^{cm^3} de liquide de Drew et 1^{cm^3} d'une suspension fraîchement préparée avec un embryon de poulet âgé de 10 jours. Chaque ballon reçoit 1^{cm^3} d'une culture de peste aviaire de 3 jours, et tous les ballons sont mis à l'étuve à 37°.

Les embryons de poulet sont broyés à la presse de Fisher, qui permet d'obtenir des fragments ayant sensiblement la même taille; on arrive ainsi à répartir d'une façon uniforme les cellules réceptives (cerveau, peau) ([2]) dans chaque ballon. Il peut arriver cependant qu'il y ait une petite différence dans le nombre des cellules existant dans chaque ballon, mais les titrages préalables que nous avons effectués nous ont montré que ces petites différences sont sans aucune influence sur le développement de la culture.

Chaque jour un ballon est retiré de l'étuve et son contenu est broyé dans un mortier en présence de sable stérile.

Avec 1^{cm^3} du liquide de broyage que l'on prélève dans le mortier, on fait une série de dilutions dans l'eau physiologique, et 1^{cm^3} de chaque dilution est inoculé à un poulet. On détermine la dilution la plus élevée qui amène

---

([1]) *C. R. Soc. Biol.* **110**, 1932, p. 163.

([2]) Hallower, *Zeitschr. für Hyg. und Infektionskrankheit.*, **113**, 1931, p. 61.

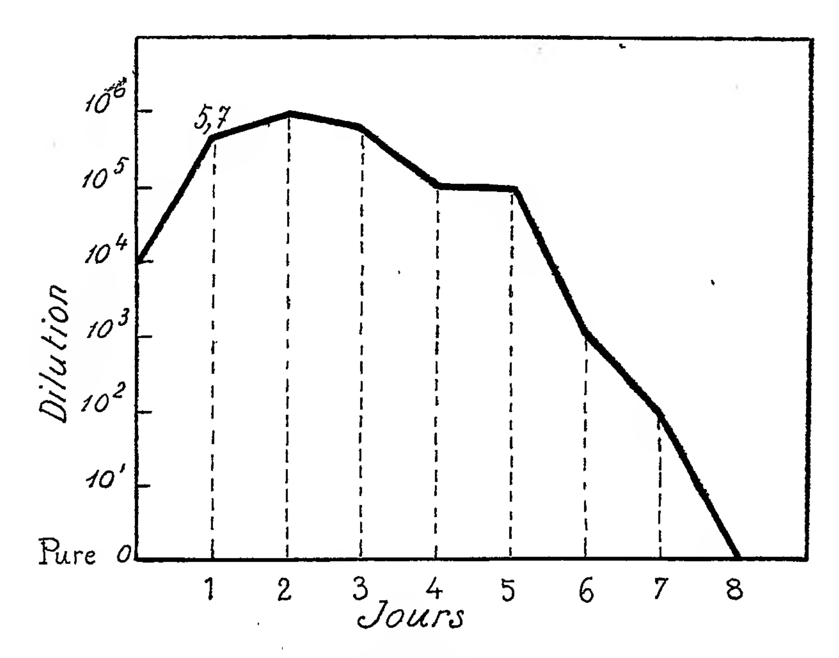
la mort de l'animal, et l'on note le temps au bout duquel la mort intervient. Cette expérience, faite en double, a porté sur 100 poules et a donné des résultats identiques.

Si l'on examine la courbe ci-dessous, qui est la représentation graphique des résultats que nous avons obtenus, on constate que :

1° La courbe de développement met en évidence une période de croissance et une période où l'activité de la culture diminue.

2° La culture du virus est très rapide. L'activité du virus a augmenté de 50 fois en 24 heures et de 100 fois en 48 heures.

3° Il semble que le maximum de la virulence coïncide avec l'abondance maxima de la culture.



4° Une fois que le maximum de culture est atteint, la diminution de l'activité devient rapide. Au bout de 8 à 9 jours de séjour à l'étuve à 37° le virus a perdu toute activité.

5° Nous savons que les cellules embryonnaires qui sont en contact avec le virus meurent au bout de 3 jours (1). La courbe montre que la culture ne se fait que pendant la période où les cellules embryonnaires restent vivantes.

---

(1) HARRY PLOTZ et BORIS EPHRUSSI, *C. R. Soc. Biol.*, 112, 1933, p. 525.

6° Le virus reste vivant pendant quelques jours après la mort des cellules embryonnaires, mais il n'y a plus de développement en présence des cellules mortes.

MICROBIOLOGIE. — *Sur le Bacille* coli *chez les Mammifères marins.* Note de M. **G. Fleury**, présentée par M. Joubin.

Ayant déjà montré que les poissons *marins*, morts ou vifs, ne présentent jamais de Bacille *coli* dans leur intestin, même si l'eau de mer dans laquelle ils vivent renferme du Bacille *coli*, nous avons voulu nous rendre compte si le Bacille *coli* se trouve dans le côlon des Mammifères marins. Nos recherches portent sur quatre marsouins (*Phocœna*) capturés en des endroits différents et à des époques différentes.

I. Prélèvements. — Le Marsouin est maintenu couché sur le dos. La face ventrale est ouverte en partant de la tête, et de façon qu'aucun viscère ne soit touché et que la masse intestinale se présente absolument indemne.

L'abdomen largement ouvert, nous pratiquons nos prélèvements :

1° Sur l'intestin, à la place que nous choisissons, nous appliquons, juste le temps d'y toucher, une face de la lame d'une aiguille lancéolée, préalablement rougie à la flamme;

2° Avec une aiguille pointue, stérilisée par son passage à la flamme, nous perçons un trou dans cette infime portion du tube intestinal déjà stérélisé par l'application du fer rouge;

3° Ce trou nous permet d'enfoncer d'un seul coup et assez loin une pipette stérile que nous remplissons en partie de fiente par aspiration.

Sur chaque Marsouin nous faisons sept prélèvements de contenu intestinal éloignés les uns des autres; l'un est, séance tenante, examiné au microscope; les autres prélèvements sont ensemencés immédiatement et directement sur eaux peptonées, peptonées phéniquées, et sur notre milieu solide.

II. Expériences. — 1° *Examen direct.* — Chez aucun des Marsouins, l'examen direct au microscope, du contenu intestinal, n'a montré de bâtonnets à la fois mobiles et ne prenant pas le Gram. Le plus souvent, nous avons vu des bacilles gros, immobiles, isolés ou en chaînettes de deux ou trois articles, qui donnent un Gram positif.

2° *Ensemencements sur eau peptonée.* — Les ensemencements du contenu intestinal sont faits sur 300^{cm^3} ou 100^{cm^3} d'eau peptonée à 3 pour 100.

Les cultures sont examinées après 48 heures d'étuve à 37° :

a. Entre lame et lamelle; *b.* après coloration à la fuchsine de Ziehl; *c.* après coloration au Gram; *d.* ensemencés ensuite sur gélose simple, gélose lactosée tournesolée, lait tournesolé, bouillon glucosé.

Une seule fois nous avons obtenu un bouillon de culture qui donnait avec le réactif nitrite de soude, acide chlorhydrique une réaction positive, et qui donnait d'ailleurs une réaction nulle avec le réactif d'Ehrlich (paradiméthylamidobenzaldéhyde). L'étude de cette culture a montré qu'il s'agissait non d'indol, mais de scatol.

Une seule fois aussi, nous avons obtenu, après 3 jours d'étuve à 37°, un liquide parfaitement clair.

Tous les autres cas nous ont montré des *cocci*, isolés ou groupés en amas et en courtes chaînettes, immobiles, donnant un Gram positif, plus rarement, des bacilles épais et longs, quelquefois réunis en chaînettes, dont quelques-uns sont légèrement mobiles. Bacilles comme *cocci* prennent tous le Gram. Ensemencés sur géloses, lait tournesolé, bouillon glucosé, nous n'avons jamais obtenu de culture.

3° *Ensemencements sur eaux peptonées phéniquées.* — Les ensemencements du contenu intestinal sont faits sur eaux peptonées phéniquées à 1 et à 1,20 pour 100 d'acide phénique.

Nous n'obtenons, pour aucun des Marsouins, une culture qui donne une réaction d'indol positive.

Sauf un cas où nous avons trouvé un liquide parfaitement clair au bout de 48 heures d'étuve à 42°, toutes nos cultures nous montrent des *cocci* isolés ou réunis par 2 ou par 3, immobiles et prenant le Gram.

Les repiquages faits sur gélose lactosée, bouillon glucosé ou lait tournesolé n'ont donné aucune culture.

4° *Ensemencements sur notre milieu solide.* — Notre milieu solide, particulièrement indiqué pour la recherche et l'identification du Bacille *coli*, est préparé comme suit :

Peptone	50 g	Gélose	15 g
Sel marin	5	Gélatine	60
Lactose	15	Eau de source	900

Après dissolution et neutralisation, clarifier au blanc d'œuf, filtrer, ramener à 900 $^{cm^3}$.

Ajouter solution filtrée contenant :

Rouge Congo....................................	2^g
Lessive de soude dite « des savonniers »................	$0^{cm^3},5$
Eau distillée....................................	100^{cm^3}

Mélanger. Répartir en boîtes de Petri à raison de 15^{cm^3} pour une boîte de Petri de 9^{cm} de diamètre, et en ayant soin de garnir intérieurement le couvercle de la boîte d'une rondelle de papier filtre.

Sur ce milieu, les colonies de Bacilles *coli* apparaissent très nettement, sous forme de taches d'un beau bleu clair, sur fond rouge groseille, soit au bout de 8, 10 ou 12 jours si le milieu est abandonné à la température ambiante, soit au bout de 24, 48 ou 60 heures s'il est placé à l'étuve à une température de 25 à 30°.

Le contenu intestinal des Marsouins ensemencé sur notre milieu solide, n'a donné aucune colonie d'aspect coliforme.

Nous avons vu pousser des colonies dont l'étude a montré qu'il s'agissait de coccis isolés, prenant faiblement le Gram, d'autres, rares, ne prenant pas le Gram, de bacilles longs, filamenteux, ne prenant pas le Gram, et de bacilles courts prenant fortement le Gram.

Les repiquages de toutes ces colonies sur les milieux à réaction biochimiques n'ont donné aucune culture.

III. *Conclusion.* — Alors qu'il est classique de considérer le Bacille *coli* comme le saprophyte constant de l'intestin des mammifères, nous avons montré qu'il peut y avoir des exceptions, et que notamment chez les quatre marsouins que nous avons examinés le côlon ne présente pas de Bacille *coli*.

MÉDECINE. — *Nouveaux faits montrant l'action thermique sur le bulbe.* Note [1] de M. et Mme **André Pupier** et M. **René Prieur**, présentée par M. d'Arsonval.

Les causes du vomissement sont multiples; les incitations vomitives peuvent avoir des points de départ variables; viscères abdominaux, pharynx, oreille interne, etc., toutes mettent en jeu le bulbe. Certains poisons (apomorphine), certaines modifications humorales agissent directement sur le bulbe pour provoquer le vomissement.

---

(1) Séance du 1er mai 1933.

L'un de nous s'était demandé si une action physique extérieure, en particulier une action thermique s'exerçant sur le bulbe, ne parviendrait pas à prévenir ou faire cesser le vomissement ou la nausée, quelle qu'en soit la cause [1]. Depuis cette époque, nous avons procédé à des expériences qui ont confirmé cette hypothèse.

Dans son livre *les Asphyxies accidentelles*, M. Cot indique que les fakirs et masseurs hindous frictionnent et massent la région bulbaire des noyés, et il préconise pour les asphyxiés, et surtout les noyés, d'agir sur le bulbe.

Nous avons réalisé par l'électricité l'effet thermique nécessaire; aux environs de 50°, il s'est révélé efficace après une durée d'application variant généralement de 2 à 10 minutes.

C'est ainsi qu'il a pu être observé sous l'écran radiologique que l'action thermique sur le bulbe faisait disparaître les spasmes du pylore qui n'avaient pas cédé à la thérapeutique habituelle, et permettait aux contractions du pylore de reprendre leur rythme normal.

De même, on peut constater cliniquement, au moyen du stéthoscope appliqué sur la région gastrique, que l'action thermique sur le bulbe fait disparaître la tension de l'épigastre, favorisant rapidement le passage dans le duodenum.

Les vomissements de la grossesse, d'autres résultant de troubles hépatiques ou gastriques, les nausées dues aux divers modes de locomotion : chemin de fer, automobile, bateau (mal de mer), avion, etc., ont été rapidement enrayés dans la presque totalité des observations.

Des migraines et insomnies ont été influencées très favorablement, l'urticaire atténuée, de même la rhinite spasmodique des asthmatiques.

On a constaté, enfin, un effet calmant et régulateur du système nerveux, ce qui permet d'espérer des résultats favorables dans d'autres affections.

Des nombreuses observations, fournies tant par des patients que par des médecins et rassemblées par nous, il résulte que l'action thermique sur le bulbe a donné un plein succès dans la proportion de plus de 90 pour 100 des cas.

---

(1) Pli cacheté déposé le 7 avril 1930, sous le n° 10286, ouvert le 8 mai 1933.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Syndrome anatomo-clinique tabétique à la suite de l'inoculation intrapéritonéale de virus lympho-granulomateux (maladie de Nicolas-Favre).* Note (1) de MM. **C. Ionesco-Mihaesti, A. Tupa, B. Wisner** et **G. Badenski**, présentée par M. Roux.

Depuis notre première Communication (2) sur la production expérimentale d'un syndrome aigu pseudotabétique, chez le singe, à la suite de l'inoculation de virus filtré de lymphogranulome inguinal (maladie de Nicolas-Favre) nous avons pu observer d'autres cas similaires en utilisant le même virus, appliqué dans des conditions analogues et par la même voie : cerveau et péritoine, simultanément.

En analysant de plus près les phénomènes, nous sommes arrivés à la conclusion que l'évolution particulièrement rapide de ce syndrome anatomo-clinique était dû en partie au mode d'inoculation utilisé, c'est-à-dire l'association de la double voie transcranienne et péritonéale.

Dans nos expérience ultérieure nous avons plus particulièrement pratiqué d'inoculation péritonéale seule, en vue de la production d'une maladie à évolution plus lente. S. Hellerstöm et E. Wassen avaient déjà signalé la possibilité d'infecter le singe par l'inoculation intrapéritonéale du virus lympho-granulomateux (3). Pourtant malgré l'existence de lésions inflammatoires dans la cavité abdominale, leurs animaux n'ont présenté aucun signe faisant présumer des localisations nerveuses du virus.

Les expériences dont nous communiquons ici les résultats ont porté sur 11 singes : 2 *Mac. Cynomolgus* inoculés avec du virus de passage ; 3 *Cynomolgus* inoculés avec la souche 5.H., origine ; 5 *Cynomolgus* inoculés avec du virus de deuxième et quatrième passages, et 1 *Callitryche* inoculé avec le virus de passage. Tous ces animaux avaient reçu le virus lymphogranulomateux, filtré ou non filtré, par la voie péritonéale.

Parmi ces 11 singes, 7 ont présenté après une incubation variable (de 7 à 18 jours, et même 35 jours dans un seul cas) des troubles nerveux indiscutables. Les 4 autres n'ont présenté que des phénomènes cliniques trop légers et fugaces pour être appréciés avec certitude pendant la vie. Les symptômes consistaient dans la plupart des cas en une difficulté dans les mouvements du train postérieur. Les animaux montrent de l'incertitude des mouvements des membres inférieurs ; ils manifestent une certaine

(1) Séance du 8 mai 1933.

(2) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 562.

(3) *Zeitschrift für Immunitätsforschung*, **73**, 1931-1932, p. 110-114.

répulsion à changer de place. Tous ces phénomènes initiaux s'accentuent par la suite et, après une période stationnaire, on note une parésie évidente des membres inférieurs.

Souvent après cette première phase caractérisée par des troubles moteurs, une période plus ou moins longue de rémission apparente s'installe, pendant laquelle l'animal se cachétise lentement. Dans des cas à évolution plus rapide, des périodes de rémission alternent avec des épisodes d'exacerbation : on constate une aggravation des phénomènes moteurs ; l'animal laissé en liberté se meut avec difficulté ; il montre une certaine incoordination dans les mouvements des membres inférieurs ; il essaye de courir en traînant le train postérieur et s'aidant par les mains. Il n'y a pas pourtant de vraie paralysie des membres. Dans des cas plus avancés on constate en plus de véritables troubles de l'équilibre : l'animal tombe, tantôt d'un côté, tantôt de l'autre et traîne avec difficulté ses membres inférieurs parétiques. Nous avons pu tenir en observation certains de nos animaux assez longtemps (120 à 135 jours), ne les ayant sacrifiés qu'à la dernière période, pour noter la *cachectisation progressive* qui accompagne régulièrement les phénomènes morbides décrits.

Sans insister sur les lésions trouvées à l'autopsie, signalons seulement que l'examen histologique des coupes pratiquées dans le *sciatique* nous a constamment révélé la présence de lésions inflammatoires. D'autre part, sur des coupes pratiquées à différents niveaux dans la moelle cervicale, dorsale et lombaire, on observe une dégénérescence des tubes nerveux au niveau des cordons postérieurs, à l'endroit du faisceau de Burdach et de Goll, offrant l'aspect histopathologique typique du tabes dorsal ; les cordons antérieurs de la moelle restent intacts.

Conclusion. — Les phénomènes cliniques et les lésions histopathologiques provoquées chez le singe par l'inoculation expérimentale du virus de lymphogranulome inguinal (Nicolas-Favre) dans le péritoine rappellent d'une manière frappante ceux observés dans le tabes humain. Cette constatation justifie notre hypothèse du rôle étiologique probable que le virus lymphogranulomateux aurait dans beaucoup de cas de tabes humain, d'autant plus que dans des recherches en cours nous avons obtenu une réaction de Frei positive dans plusieurs cas de tabes chez l'homme.

A 16h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h30m.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 MAI 1933.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES RICHET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉCANIQUE. — *Sur les surfaces funiculaires.* Note de M. LÉON LECORNU.

Dans une Note du 11 juin 1930 [1], j'ai désigné sous ce nom la forme prise par un réseau plan, à mailles carrées infiniment petites, composé de fils flexibles et inextensibles noués entre eux aux points de rencontre, lorsque, comme dans le cas d'une courbe funiculaire, on applique à ses éléments linéaires des forces extérieures du même ordre de grandeur que ces éléments. Sous l'action de telles forces, les mailles deviennent des losanges infinitésimaux, dont les angles varient généralement en passant d'une maille à une autre. Dans la situation primitive, on peut prendre comme coordonnées cartésiennes d'un point quelconque les distances s, σ à deux fils rectangulaires du réseau plan. Les longueurs s, σ se conservent dans la déformation, et deviennent alors des coordonnées curvilignes sur la surface funiculaire. Je reviens aujourd'hui sur ce sujet pour ajouter quelques précisions.

D'après sa définition, une surface funiculaire possède, indépendamment de son rôle mécanique, des propriétés purement géométriques dont je vais d'abord m'occuper.

Si l'on désigne par 2α, l'angle formé au point s, σ par les éléments ds, $d\sigma$, le carré de l'élément linéaire dl a pour expression

$$dl^2 = ds^2 + d\sigma^2 + 2\,ds\,d\sigma\cos 2\alpha. \tag{1}$$

Faisons le changement de variables

$$2s = u + v, \qquad 2\sigma = u - v. \tag{2}$$

(1) *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1345.

Nous trouvons

(3) $$dl^2 = \cos^2\alpha\, du^2 + \sin^2\alpha\, dv^2.$$

Les lignes $u =$ const., $v =$ const. constituent un système orthogonal : ce sont les enveloppes des diagonales des losanges élémentaires. Pour une surface donnée, l'angle α est une fonction connue de s, σ et par conséquent de u, v.

En posant $U = \cos\alpha$, $V = \sin\alpha$, on peut écrire $dl^2 = U^2\, du^2 + V^2\, dv^2$. Les courbures géodésiques des nouvelles lignes de coordonnées sont, d'après des formules classiques :

$$\frac{1}{\rho_1} = -\frac{1}{UV}\frac{\partial U}{\partial v} = \frac{1}{\cos\alpha}\frac{\partial\alpha}{\partial v}, \qquad \frac{1}{\rho_2} = -\frac{1}{UV}\frac{\partial V}{\partial u} = -\frac{1}{\sin\alpha}\frac{\partial\alpha}{\partial u}.$$

On sait, d'autre part, que la courbure totale γ a pour valeur

$$\gamma = \frac{1}{V}\frac{\partial \frac{1}{\rho_1}}{\partial v} + \frac{1}{U}\frac{\partial \frac{1}{\rho_2}}{\partial u} - \frac{1}{\rho_1^2} - \frac{1}{\rho_2^2},$$

ce qui donne ici

$$\gamma = \frac{1}{\sin\alpha\cos\alpha}\left(\frac{\partial^2\alpha}{\partial v^2} - \frac{\partial^2\alpha}{\partial u^2}\right) = -\frac{1}{\sin\alpha\cos\alpha}\frac{\partial^2\alpha}{\partial s\,\partial\sigma} = -\frac{1}{\sin\omega}\frac{\partial^2\omega}{\partial s\,\partial\sigma} \qquad (\omega = 2\alpha).$$

Ainsi, U, V, ρ_1, ρ_2, γ dépendent uniquement de l'angle α et de ses dérivées. On voit en outre que la recherche des surfaces funiculaires à courbure constante se ramène à l'intégration d'une équation bien connue. La surface est développable si l'angle α est la somme d'une fonction de s et d'une fonction de σ, et quand on l'étale alors sur un plan, chacune des familles $s =$ const., $\sigma =$ const. se compose de courbes déduites l'une de l'autre par simple translation.

Si l'on exprime les coordonnées cartésiennes x, y, z en fonction des coordonnées curvilignes s, σ, les équations évidentes :

$$\sum\left(\frac{\partial x}{\partial s}\right)^2 = 1, \qquad \sum\left(\frac{\partial x}{\partial \sigma}\right)^2 = 1, \qquad \sum\frac{\partial x}{\partial s}\frac{\partial x}{\partial \sigma} = \cos 2\alpha,$$

donnent par différentiation

(4) $$\begin{cases} \sum\frac{\partial x}{\partial s}\frac{\partial^2 x}{\partial s^2} = 0, & \sum\frac{\partial x}{\partial \sigma}\frac{\partial^2 x}{\partial \sigma^2} = 0, \\ \sum\frac{\partial x}{\partial s}\frac{\partial^2 x}{\partial \sigma^2} = -2\sin 2\alpha\frac{\partial\alpha}{\partial\sigma}, & \sum\frac{\partial x}{\partial \sigma}\frac{\partial^2 x}{\partial s^2} = -2\sin 2\alpha\frac{\partial\alpha}{\partial s}. \end{cases}$$

Plaçons l'origine O en un point quelconque de la surface, puis dirigeons Oz suivant la normale à cette surface et Ox, Oy suivant les bissec-

trices de l'angle 2α. Nous trouvons ainsi

$$\frac{\partial x}{\partial s}=\frac{\partial x}{\partial \sigma}=\cos\alpha,\qquad \frac{\partial y}{\partial s}=-\frac{\partial y}{\partial \sigma}=\sin\alpha,\qquad \frac{\partial z}{\partial s}=\frac{\partial z}{\partial \sigma}=0,$$

et les équations (4) conduisent aux suivantes :

$$\frac{\partial^2 x}{\partial s^2}=-2\sin\alpha\frac{\partial\alpha}{\partial s},\qquad \frac{\partial^2 y}{\partial s^2}=\quad 2\cos\alpha\frac{\partial\alpha}{\partial s},$$
$$\frac{\partial^2 x}{\partial \sigma^2}=-2\sin\alpha\frac{\partial\alpha}{\partial \sigma},\qquad \frac{\partial^2 y}{\partial \sigma^2}=-2\cos\alpha\frac{\partial\alpha}{\partial \sigma}.$$

Soient $1/\rho'_1$, $1/\rho'_2$ les courbures géodésiques des lignes $\sigma=\text{const.}$, $s=\text{const.}$ Leurs composantes sont respectivement $\partial^2x/\partial s^2$, $\partial^2y/\partial s^2$ et $\partial^2x/\partial\sigma^2$, $\partial^2y/\partial\sigma^2$. On a donc en valeur absolue $1/\rho'_1=2\,\partial\alpha/\partial s$, $1/\rho'_2=2\,\partial\alpha/\partial\sigma$.

Les courbures $1/r_1$, $1/r_2$ des sections normales dirigées suivant ds, $d\sigma$ sont, avec les mêmes axes, égales à $\partial^2z/\partial s^2$, $\partial^2z/\partial\sigma^2$. Cherchons s'il peut arriver que ces courbures soient nulles. Les lignes $s=\text{const.}$, $\sigma=\text{const.}$ sont alors des lignes asymptotiques et les lignes $u=\text{const.}$, $v=\text{const.}$ deviennent par suite des lignes de courbure. Les équations générales de la théorie des surfaces donnent, dans ces conditions, en appelant R_1, R_2 les rayons de courbure principaux,

$$\frac{1}{U}\frac{\partial\frac{1}{R_2}}{\partial u}+\frac{1}{\rho_2}\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)=0,\qquad \frac{1}{V}\frac{\partial\frac{1}{R_2}}{\partial v}+\frac{1}{\rho_1}\left(\frac{1}{R_2}-\frac{1}{R_1}\right)=0,$$
$$\frac{\cos^2\alpha}{R_1}+\frac{\sin^2\alpha}{R_2}=0.$$

En remplaçant U, V, u, v par leurs valeurs, on obtient les relations

$$\frac{\cot\alpha}{R_1}=F_1(v),\qquad \frac{\tan\alpha}{R_2}=F_2(u),$$

d'où

$$\frac{1}{R_1R_2}=F_1(u)F_2(v),\qquad \sin\alpha\cos\alpha[F_1(u)+F_2(v)]=0.$$

Ceci montre qu'en excluant les hypothèses $\alpha=0$, $\alpha=\pi/2$, qui feraient du réseau un paquet de fils superposés, les fonctions $F_1(u)$, $F_2(v)$ se réduisent à deux constantes égales et de signe contraire; la courbure totale de la surface est constante, et R_1, R_2 varient proportionnellement à $\cot\alpha$ et $\tan\alpha$.

Cherchons enfin si la surface funiculaire peut devenir une surface minima.

Quand cette circonstance se produit, les lignes asymptotiques se coupent orthogonalement, et l'on sait que, rapporté à ces lignes, le carré de l'élément linéaire peut se mettre sous la forme $dl^2=\Phi^2(\lambda,\mu)(d\lambda^2+d\mu^2)$,

où Φ désigne une certaine fonction de λ et de μ. Soit β l'angle des lignes asymptotiques avec les directions de du, dv. On a

$$du = (d\lambda \cos\beta + dp \sin\beta)\Phi, \qquad dv = (d\lambda \sin\beta - dp \cos\beta)\Phi.$$

En faisant la substitution dans l'équation $dl^2 = \cos^2\alpha\, du^2 + \sin^2\alpha\, dv^2$, on doit voir disparaître le terme en $d\lambda\, dp$, ce qui conduit à la condition

$$\cos 2\alpha \sin 2\beta = 0.$$

L'hypothèse $\cos 2\alpha = 0$ $(2\alpha = \pi/2)$ donne $dl^2 = du^2 + dv^2$. La surface est alors développable, et n'est minima que si l'on l'étale sur un plan.

L'hypothèse $\sin 2\beta = 0$ aboutit au même résultat.

Occupons-nous maintenant de la question mécanique. Il est clair qu'en choisissant convenablement les forces extérieures, on peut imposer à la surface funiculaire n'importe quelle forme compatible avec les conditions géométriques que nous venons d'indiquer. Mais nous allons envisager le cas où les forces extérieures sont appliquées exclusivement sur le contour : ce sont, par exemple, les forces de liaison avec un cadre rigide, de figure quelconque, sur lequel les fils sont tendus à volonté. Nous appellerons surface funiculaire naturelle celle qui se réalise dans de telles conditions. En désignant par T, Θ les tensions éprouvées par les éléments ds, $d\sigma$, on trouve, d'après ce qui a été dit dans la Note de 1930 :

$$\frac{\partial}{\partial s}\left(\mathrm{T}\frac{\partial x}{\partial s}\right) + \frac{\partial}{\partial \sigma}\left(\Theta\frac{\partial x}{\partial \sigma}\right) = 0, \qquad \ldots.$$

Développons ces équations, puis particularisons les axes comme il a été fait plus haut. Il vient

$$(5)\qquad \left\{\begin{aligned} &\cos\alpha\frac{\partial \mathrm{T}}{\partial s} - 2\mathrm{T}\sin\alpha\frac{\partial\alpha}{\partial s} + \cos\alpha\frac{\partial\Theta}{\partial\sigma} - 2\Theta\sin\alpha\frac{\partial\alpha}{\partial\sigma} = 0,\\ &\sin\alpha\frac{\partial \mathrm{T}}{\partial s} + 2\mathrm{T}\cos\alpha\frac{\partial\alpha}{\partial s} - \sin\alpha\frac{\partial\Theta}{\partial\sigma} - 2\Theta\cos\alpha\frac{\partial\alpha}{\partial\sigma} = 0,\\ &\frac{\mathrm{T}}{r_1} + \frac{\Theta}{r_2} = 0,\end{aligned}\right.$$

T et Θ étant nécessairement de même signe, r_1 et r_2, s'ils sont finis, ont des signes contraires, en sorte que la surface est à courbures opposées. Les deux premières équations peuvent s'écrire

$$\frac{\partial}{\partial s}(\mathrm{T}\cos^2\alpha) + \frac{\partial}{\partial\sigma}(\Theta\cos^2\alpha) = 0, \qquad \frac{\partial}{\partial s}(\mathrm{T}\sin^2\alpha) - \frac{\partial}{\partial\sigma}(\Theta\sin^2\alpha) = 0,$$

ou encore $\partial\mathrm{T}/\partial s + \partial/\partial\sigma(\Theta\cos 2\alpha) = 0$, $\partial/\partial s(\mathrm{T}\cos 2\alpha) + \partial\Theta/\partial\sigma = 0$.

Elles montrent que si l'angle α est constant, auquel cas le réseau est formé de lignes géodésiques d'une surface développable, chaque fil éprouve une tension constante.

Quand les lignes du réseau ne sont pas asymptotiques, c'est-à-dire quand r_1 et r_2 ne sont pas tous les deux infinis, les équations (5) au nombre de trois, permettent d'éliminer T et Θ. En posant $r_1 = nr_2$, $\text{Log tang}\,\alpha = \varphi$, on aboutit à la relation

$$\frac{\partial^2 \operatorname{Log} n}{\partial s\, \partial \sigma} + \frac{1-n^2}{n}\frac{\partial^2 \varphi}{\partial s\, \partial \sigma} + \frac{\partial \varphi}{\partial \sigma}\frac{\partial \frac{1}{n}}{ds} - \frac{\partial \varphi}{\partial s}\frac{\partial n}{\partial \sigma} = 0$$

qui caractérise la surface funiculaire naturelle.

Quand r_1 et r_2 sont infinis, la troisième équation disparaît. Les deux équations qui subsistent définissent les variations de T et Θ. Les valeurs de ces tensions dépendent des conditions aux limites. Nous avons vu que la courbure totale de la surface est alors constante.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la loi du déplacement de l'équilibre chimique.* Note de M. **Henry Le Chatelier.**

La loi du déplacement de l'équilibre chimique que j'ai formulée en 1884 (1) a été unanimement acceptée, sans que jusqu'ici son exactitude ait jamais été mise en doute. Son énoncé est le suivant (2).

« Tout système en équilibre chimique éprouve du fait de la variation d'un seul des facteurs de l'équilibre une transformation dans un sens tel, que, si elle se produisait seule, elle amènerait une variation de signe contraire du facteur considéré. » Par exemple, une augmentation de pression provoque des deux réactions inverses possibles celle qui correspond à une diminution de volume, c'est-à-dire tend à diminuer la pression.

Tout récemment, M. Montagne, à l'occasion de recherches sur la représentation géométrique de l'équilibre des systèmes ternaires (3) m'a signalé une difficulté à laquelle donne lieu la dissociation de l'ammoniac, en ce qui concerne l'influence de la variation du facteur *masse*. Si l'on admet l'exactitude de la loi de Gudberg-Waage et de Van't Hoff, et il n'y a pas de raisons pour la mettre en doute, il en résulte que l'addition d'azote à un mélange

(1) *Comptes rendus* 99, 1884, p. 786.
(2) *Annales des Mines*, 13, 1888, p. 200.
(3) *Comptes rendus*. 196, 1933, p. 928.

en équilibre d'ammoniac et de ses constituants tend, suivant la composition initiale du mélange, à provoquer la formation ou la destruction de nouvelles quantités d'ammoniac. D'après la loi du déplacement de l'équilibre, telle au moins qu'on l'interprète habituellement, il devrait y avoir au contraire dans tous les cas formation d'ammoniac avec disparition d'une certaine quantité d'azote.

J'ai reconnu depuis que cette difficulté avait déja été signalée par Ariès dans son traité de *Thermodynamique* (page 191, année 1904).

Cela m'a conduit à reprendre l'étude de cette question et je me suis aperçu que mes différents énoncés de la loi du déplacement de l'équilibre n'étaient pas tous équivalents, comme je l'avais cru. Certains d'entre eux sont inexacts et ceux-là précisément ont été le plus généralement adoptés. Il ne s'agit là bien entendu que de l'influence du facteur *masse*, car en ce qui concerne les trois facteurs : température, pression et force électromotrice, la loi du déplacement de l'équilibre est une conséquence directe des deux principes fondamentaux de la Thermodynamique et présente par suite le même degré de certitude.

Considérons un mélange homogène de quatre corps gazeux pouvant réagir ensemble. Soit l'équation de la réaction chimique

$$\alpha A + \beta B = \gamma C + \delta D,$$

où A, B, C, D sont les poids moléculaires et α, β, γ, δ le nombre des molécules intervenant dans la réaction, soit enfin Λ la contraction moléculaire résultant de la réaction

$$\Lambda = \alpha + \beta - \gamma - \delta.$$

Pour le cas de trois ou de deux corps entrant seulement en réaction, il suffit d'égaler à O dans l'équation ci-dessus le coefficient δ ou les deux coefficients β et δ.

Considérons un mélange renfermant dans un volume donné a, b, c, d molécules des corps en réaction et X molécules de gaz inertes, n'intervenant pas dans la réaction.

On appelle *concentration* c de l'un de ces corps le nombre de molécules de ce corps existant dans une molécule de mélange total. Cette concentration est exprimée par la fraction

$$c = \frac{a}{a + b + c + d + X},$$

qui se réduit à $c = a$ si l'on considère un volume total correspondant à 1 molécule.

Calculons la variation de concentration résultant de l'addition au mélange d'une masse moléculaire, dm infiniment petite du corps pris à l'extérieur,

$$dc = \frac{a + dm}{1 + dm} = (1 - a).dm,$$

en négligeant les infiniment petits du second ordre.

a est nécessairement plus petit que l'unité, par suite dm et dc sont nécessairement de même signe, donc c et m varrient dans le même sens.

Considérons maintenant le cas où l'introduction de nouvelles quantités du corps A provient de la réaction chimique produite au sein du système. Soit $d\mu$ la masse infiniment petite de ce corps introduite dans le mélange. La variation de concentration est alors

$$dc = \left(1 - \frac{a.\Lambda}{\alpha}\right) d\mu,$$

le coefficient $(1 - a.\Lambda/\alpha)$ peut changer de signe suivant les valeurs relatives des trois grandeurs qui y figurent. Dans le cas de l'ammoniac, $\alpha = 1$ et $\Lambda = 2$. Ce coefficient deviendra négatif pour les valeurs de a supérieures à 0,5, c'est-à-dire dans les mélanges d'ammoniac, hydrogène, azote et gaz inertes renfermant plus de la moitié de leur volume d'azote. Dans ce cas, c et m varient en sens inverse. La concentration augmente pour une diminution de la masse d'azote.

L'erreur commise dans l'énoncé de la loi du déplacement de l'équilibre a été de considérer que l'augmentation de la concentration et celle de la masse étaient toujours parallèles, en ne tenant pas compte du facteur $(1 - a.\Lambda/\alpha)$.

Le premier énoncé que j'ai donné de cette loi dans les *Comptes rendus* de l'Académie en 1884 est exact.

« Tout système en équilibre chimique soumis à l'influence d'une cause extérieure qui tend à faire varier sa condensation (concentration, nombre de molécules dans l'unité de volume) ne peut éprouver que des modifications intérieures qui, si elles se produisaient seules, amèneraient un changement de concentration de signe contraire à celui résultant de la cause extérieure. »

Par contre l'énoncé que j'ai donné quatre ans plus tard, dans mon Mémoire des *Annales des Mines* (p. 209), énoncé que je considérais comme équivalent au précédent, est inexact.

« L'augmentation de condensation d'un seul des éléments déterminera une transformation dans un sens tel qu'une *certaine quantité de cet élément*

disparaisse, ce qui peut diminuer sa condensation. » Le membre de phrase mis ici en italiques est inexact. La masse du corps ne diminue pas nécessairement, sa condensation seule le fait.

Avec cette rectification, l'ammoniac rentre dans la règle générale et il n'y a plus d'exceptions connues.

L'énoncé correct est donc le suivant : « Dans un mélange homogène en équilibre chimique, l'accroissement de concentration de l'un des corps en réaction provoque le déplacement de l'équilibre dans un sens tel que la réaction tende à diminuer la concentration du même corps. »

Suivant les cas, cette diminution de la concentration pourra résulter de la disparition d'une certaine quantité du corps envisagé ou du changement de signe du facteur $(1 - a . \Lambda/\alpha)$, avec augmentation au contraire de la quantité du corps.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Du rôle de la température dans l'isomérisation des butylènes en présence d'alumine.* Note de MM. **Camille Matignon**, **Henri Moureu** et **Maurice Dodé**.

On sait que la déshydratation du butanol-1 $CH^3-CH^2-CH^2-CH^2OH$ par l'alumine donne naissance à un mélange de butène-1 $CH^3-CH^2-CH=CH^2$ et de butène-2 $CH^3-CH=CH-CH^3$, et nous avons mis en évidence dans une précédente Note [1], l'une des causes de ce phénomène. Bien que l'on puisse imputer à l'action catalytique de composés acides présents dans l'oxyde utilisé, le rôle prépondérant dans l'isomérisation en butène-2 du butène-1 préalablement formé, il est d'autres facteurs, en particulier la température à laquelle on conduit la réaction, qui peuvent à leur tour modifier de façon sensible la proportion des butènes finalement obtenus.

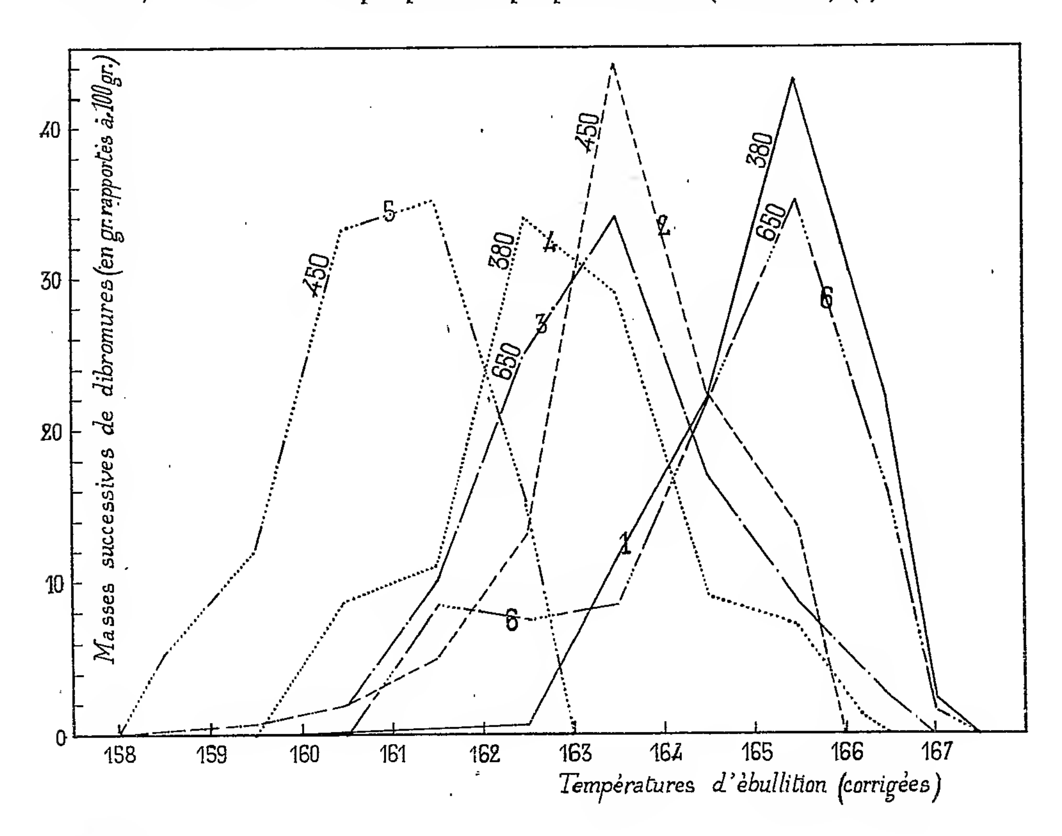
Comme nos devanciers, nous avons observé que l'élévation de température favorise la formation du butène-2 aux dépens du butène-1; mais nous avons reconnu, en outre, que la température jouait deux rôles distincts : en dehors de son influence sur la vitesse de l'isomérisation, elle intervient également pour modifier les propriétés catalytiques de l'oxyde mis en œuvre : le catalyseur lui-même subit, en effet, du seul fait du chauffage, une transformation permanente, qui se traduit toujours par une augmentation de son pouvoir isomérisant du butène-1 en butène-2.

---

[1] *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 973.

a. Ce phénomène est facilement mis en évidence par les expériences suivantes :

Utilisons, par exemple, comme catalyseur, de l'alumine précipitée par l'ammoniaque d'une solution d'alun d'ammonium, lavée à l'eau ordinaire, et séchée pendant 2 heures à 380°; l'oxyde préparé dans ces conditions, et agissant vers 330°-380°, fournit, ainsi qu'il résulte de nos expériences antérieures, du butène-1 en proportion prépondérante (courbe 1) (¹).



Mais ce même catalyseur porté pendant 2 heures à la température de 450°, puis utilisé pour la déshydratation de l'alcool dans l'intervalle habituel de température (330° à 380°), fournit maintenant une quantité plus importante de butène-2; ceci se manifeste nettement sur les diagrammes par un déplacement du maximum (courbe 2); la proportion de butène-2 a été

(¹) La caractérisation des carbures éthyléniques est effectuée par l'étude des diagrammes de rectification de leurs dibromures.

encore un peu augmentée par une nouvelle période de chauffage du catalyseur à la température de 650° (courbe 3).

Le même phénomène se reproduit avec les catalyseurs préparés en vue d'obtenir du butène-2. Le chauffage préalable du catalyseur à une température élevée favorise ici encore la formation du butène-2. Nous donnons, à titre de comparaison, deux diagrammes qui manifestent les propriétés catalytiques très différentes que présente, par effet thermique, un même échantillon d'alumine lavé à l'eau distillée jusqu'à disparition des ions acides SO^4, lorsqu'on l'a chauffé pendant 2 heures à 380° (courbe 4), puis a 450° (courbe 5).

b. Il est difficile de définir, parmi toutes les modifications que peut apporter la chaleur à ces catalyseurs, quelle est celle qui détermine l'augmentation du pouvoir isomérisant.

Il ne nous est pas apparu que la nature des produits obtenus soit influencée ici par des variations de porosité ([1]). La compacité de l'alumine dépend, dans une large mesure, des conditions même de sa préparation (vitesse de précipitation, durée de repos avant essorage, vitesse de dessiccation, etc.); pour un même volume de catalyseur (40^{cm^3}) la masse peut varier de 15 à 34^g, mais nous avons rencontré des catalyseurs de faible et de forte densité aussi bien dans ceux conduisant au butène-2 que dans ceux fournissant une part prépondérante de butène-1.

On pourrait également mettre en cause un changement de constitution dû à la déshydratation ou à la polymérisation de l'alumine : mais les travaux de Willstätter et de ses collaborateurs ([2]) ayant montré que dès 270° toutes les variétés d'alumine se transforment en métahydroxyde, on devrait, avec des échantillons d'alumine portés à la même température et privés d'acidité (afin d'éviter la cause principale de l'isomérisation), obtenir des mélanges de butènes de compositions identiques, quel que soit le procédé employé pour éliminer le catalyseur acide. Or, ceci n'a pas lieu. Ainsi une alumine, dont les impuretés acides ont été complètement détruites sous la seule influence de la température (chauffage à 650°), fournit une quantité beaucoup plus importante de butène-1 (courbe 6) qu'une alumine chauffée à cette même température, après en avoir préalablement neutralisé l'acidité par traite-

([1]) Il convient d'observer toutefois qu'un catalyseur poreux, à base de terre d'infusoire et d'argile, obtenu à haute température, fournit du butène-2 dans d'excellentes conditions (Fourneau et Puyal, *Bull. Soc. chim.*, 31, 1922, p. 424.

([2]) Willstätter, Kraut et Erbacher, *Ber. d. chem. Ges.*, 58, 1925, p. 2458.

ment avec une solution alcaline (bicarbonate de calcium, par exemple) (courbe 3).

Nous suggérons alors que l'élévation de température joue peut-être en provoquant une dissociation plus poussée, soit du sulfate basique d'aluminium et d'ammonium qui accompagne toujours l'alumine lors de sa précipitation, soit d'un sulfate basique d'ammonium et d'alcali fixe formé aux dépens du premier au cours des lavages avec les solutions alcalines (bicarbonate de sodium, de calcium, etc.). Tant que la dissociation n'est pas complète, la décomposition partielle de ces sels basiques doit provoquer au contact de l'alumine la formation de produits plus acides, ce qui, par suite, doit se traduire par un accroissement de l'action isomérisante.

c. Si l'on rapproche maintenant les données actuelles de celles qui ont été présentées précédemment, on voit que la production du butène-1 ou du butène-2 lors de la déshydratation catalytique du butanol-1 par l'alumine dépend d'au moins quatre facteurs, ce qui explique les résultats souvent contradictoires que l'on rencontre sur ce sujet.

1° Action isomérisante des impuretés acides présentes dans l'alumine, favorisant la formation du butène-2 $CH^3-CH=CH-CH^3$, ce qui constitue le phénomène principal.

2° Influence de la température de la réaction sur la vitesse d'isomérisation du butène-1 en butène-2.

3° Modification qu'apporte au catalyseur lui-même un chauffage préalable et qui accroît sa capacité d'isomérisation du butène-1 en butène-2.

4° Il est à peine besoin de faire observer que le débit de l'alcool, en modifiant la durée de contact des carbures avec le catalyseur, peut compenser en partie l'influence de la température sur la vitesse de l'isomérisation.

On dispose donc de moyens divers pour modifier la composition du mélange de butènes obtenu; il est par suite facile d'orienter, à volonté, la réaction vers la production prépondérante de l'un ou de l'autre isomère.

Notons enfin qu'il est infiniment probable que les phénomènes mis en évidence dans le cas de l'alumine s'appliquent à d'autres oxydes catalyseurs, de même que ces résultats doivent s'étendre dans la série des alcools.

PÉTROGRAPHIE. — *Hypothèse de l'origine végétale des phosphates de chaux paléozoïques*. Note de M. **L. Cayeux**.

Si l'on pose en principe que les concentrations de phosphate de chaux sédimentaires ne sont explicables que par l'activité organique, le problème à résoudre comporte au moins deux solutions possibles : 1° elles sont dues à des organismes dont le squelette est exceptionnellement riche en phosphore; 2° la source en est fournie par des organismes à faible teneur en acide phosphorique, compensée par une très grande richesse numérique en individus. La première solution étant contredite par les faits ([1]), en ce qui concerne les gisements paléozoïques, il est tout indiqué de chercher si, de la seconde idée directrice, on peut tirer une explication de ces gisements.

Un fait capital est à souligner immédiatement : Les roches mères des phosphates paléozoïques et les phosphates eux-mêmes ont, pour la presque totalité, quelque chose d'aberrant dans leur constitution, par la raison qu'ils renferment une forte proportion de carbone libre et, parfois, des hydrocarbures.

Nos phosphates du Carbonifère des Pyrénées sont très « ampéliteux » ; ceux de l'Ordovicien du Pays de Galles, du Silurien de Russie et de Roumanie, etc. le sont également. Et beaucoup de phosphates paléozoïques des États-Unis sont caractérisés par une teinte noirâtre de même origine. Le tableau suivant montre que les teneurs en carbone peuvent être très appréciables dans les phosphates dinantiens des Pyrénées, en particulier.

	Pour 100 de carbone.
Nodules phosphatés de La Bastide-de-Sérou (Ariège)	6,25
Schistes noirs empâtant les précédents nodules	5,75
Nodules phosphatés de Cierp (Ariège)	7,46
Lydienne phosphatée de l'Arize (Haute-Garonne)	2,00

A titre d'élément de comparaison, je signale une teneur de 8,35 pour 100 dans des schistes à Graptolites de Danneville (Calvados).

D'où vient ce carbone et quelle est la raison de sa coexistence avec le phosphate de chaux ? Lorsqu'il s'agit de schistes ampéliteux gothlandiens souvent pétris de Graptolites, on est tout naturellement enclin à le faire dériver de ces organismes. Mais quand on envisage le complexe de roches

([1]) L. Cayeux, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1179-1182.

ampéliteuses du Culm des Pyrénées qui, sous toutes ses formes, représente une formation pélagique à Radiolaires, le caractère ampéliteux devient énigmatique, et il l'est non moins pour d'autres dépôts phosphatés. Après avoir examiné le problème sous toutes ses faces, une seule hypothèse me paraît acceptable, celle d'une *origine végétale* de la matière charbonneuse.

Rien n'est plus évident que les Algues ont joué un très grand rôle à l'époque primaire. On peut dire sans nulle exagération que les mers paléozoïques, jusqu'au Carbonifère inclus, ont été des mers à Algues. Sans doute, ont-elles nourri, à certains moments, des légions de Crustacés et de Graptolites, mais ces organismes n'ont eu qu'une existence temporaire. Il en va tout autrement pour les Algues calcaires qui constituent véritablement un trait permanent du monde organique, au cours des temps paléozoïques. Je suppose que ce groupe a été représenté, non seulement par des types munis d'un revêtement calcaire, mais par une foule d'individus ne laissant d'autres témoins qu'un peu de carbone amorphe. Pour ma part, je ne conçois aucune autre explication de la récurrence des horizons ampéliteux, d'un bout à l'autre des temps primaires. A tort ou à raison, je vois dans les mers qui ont élaboré des dépôts d'une exceptionnelle richesse en matière organique, autant de *mers des sargasses*. Des végétaux terrestres d'ordre supérieur ont pu intervenir — ce que fait supposer la présence de *Lepidostrobus* dans les phosphates du Culm des Pyrénées — mais leurs débris sont vraiment trop peu nombreux dans un milieu exceptionnellement favorable à la conservation des structures organisées, pour leur faire une place importante dans l'histoire des phosphates paléozoïques. Je n'ai garde d'affirmer que les organismes animaux sont étrangers à l'existence du carbone libre dans les dépôts en question, mais il est à noter qu'à partir de la période secondaire où ils abondent, on ne peut leur rapporter, en France notamment, un seul dépôt riche en carbone.

L'idée d'une importante contribution végétale s'imposant, on est logiquement conduit à se demander si les végétaux marins que représente la matière ampéliteuse ne sont point la source du phosphore de tout ou partie des gisements paléozoïques? Pour résoudre le problème, dans la mesure du possible, il est nécessaire de connaître la teneur en acide phosphorique des tissus végétaux, en général, et des Algues en particulier.

Notre compatriote P. Berthier rappelle, en 1854, que Th. de Saussure est le premier qui ait analysé des cendres de végétaux. Lui-même a fait un grand nombre de dosages de phosphates dans les éléments différents des végétaux, bois, feuilles, racines, tubercules, fruits, etc. Rapportés aux

poids des cendres, ainsi qu'aux poids des plantes sèches, les teneurs en phosphates correspondent à des quantités très appréciables et tous les essais ont donné des résultats positifs. Par exemple, les cendres de branches de mûrier lui ont fourni 0,1980 pour 100 de phosphate de chaux et 0,033 de phosphate de magnésie.

G. Bischof note, en 1864, que, d'après Forchlammer, la moyenne d'analyses de 15 espèces de *Fucus*, recueillies du Groenland à l'équateur, puis au cap de Bonne-Espérance, et appartenant à diverses familles du groupe, a donné 1,09 pour 100 de phosphate de chaux.

En opérant sur des produits séchés à 100°, empruntés à diverses parties de végétaux terrestres, MM. Gabriel Bertrand et L. Silberstein ont obtenu des proportions très élevées de phosphore. 33 analyses ont révélé des teneurs en P^2O^5, rapportées à 100 parties de matières sèches, comprises entre 0,1734 et 1,125 pour 100.

L'analyse de 13 espèces d'Algues marines, appartenant à 9 genres distincts, *Fucus*, *Laminaria*, *Pelvetia*, etc., recueillies à la demande de M. Mangin, par M. H. Hattoy, dans la région de Saint-Servan-sur-Mer, m'a fourni de 21 à 36,80 pour 100 de carbone et de 0,230 à 1,460 pour 100 d'acide phosphorique, le type le plus riche en P^2O^5 titrant 25,48 pour 100 de carbone. Si l'on fait la somme des teneurs en carbone, d'une part, et de l'acide phosphorique, d'autre part, pour déterminer ensuite le rapport numérique P^2O^5/C, celui-ci est égal à 1/44,6. A supposer que ce rapport ait été le même dans le passé, l'origine indiquée impliquerait l'existence, dès le principe, d'un gisement contenant environ 44 fois plus de carbone que d'acide phosphorique, ou environ 20 fois plus de carbone que de phosphate de chaux. Pour faire un pas de plus dans cette voie, il serait intéressant de pouvoir estimer dans un gisement donné, comme celui du Carbonifère des Pyrénées, par exemple, le rapport du phosphate de chaux total à celui du carbone représenté par les roches mères, les lydiennes et les nodules phosphatés. J'incline à croire, qu'en l'espèce, l'ordre de grandeur de la valeur obtenue ne serait pas incompatible avec la valeur théorique indiquée plus haut. Il ne faut pas perdre de vue qu'il y a dans les pertes possibles en carbone — lesquelles peuvent être très élevées — une cause d'écart, susceptible, dans certains cas, de fausser complètement le rapport initial, au bénéfice de l'acide phosphorique. En toute hypothèse, il est amplement démontré que les débris végétaux et les Algues, en particulier, réunis en très grand nombre, peuvent représenter, au total, une réserve considérable d'acide phosphorique.

Tel est l'enchaînement des observations qui me conduit à voir dans la grande accumulation du carbone des gisements phosphatés d'âge paléozoïque l'indice d'une importante contribution d'Algues à leur formation, et, par voie de conséquence, à attribuer une origine essentiellement végétale à ces gisements.

La fréquence des dépôts ampéliteux dans la série paléozoïque et leur disparition dès les temps secondaires prouvent à l'évidence que les mers paléozoïques ont réalisé des conditions très spéciales et que d'autres conditions ont prévalu à partir de la période mésozoïque. Il n'est nullement nécessaire d'en conclure que les matières végétales ont manqué aux mers secondaires et tertiaires, car il suffit d'admettre, pour expliquer l'absence du carbone libre, qu'elles ont évolué d'une manière différente, au cours de leur décomposition, en donnant naissance à de l'eau, de l'acide carbonique, etc., à l'exclusion de toute matière carbonée.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le* Belaat, *nouvelle maladie du Dattier dans le Sahara algérien.* Note [1] de MM. **René Maire** et **Georges Malençon.**

En 1932 les fonctionnaires des Services agricoles des Territoires du Sud de l'Algérie signalaient une maladie des Dattiers (*Phœnix dactylifera* L.) ayant causé la mort de plusieurs de ces arbres, et indiquaient qu'elle présentait des symptômes analogues à ceux du Bayoud. La Station de Pathologie végétale d'Alger recevait deux jeunes Dattiers malades; mais ces spécimens se trouvaient dans un état trop avancé pour qu'on ait pu, de leur étude, tirer aucune conclusion sur la nature de la maladie. Au printemps de 1933 nous avons pu aller étudier sur place la question dans les palmeraies de la région de Biskra et de l'Oued-Rir.

L'étude des Dattiers malades nous a montré que la maladie, bien que présentant quelques analogies superficielles avec le Bayoud, peut en être distinguée par un simple examen attentif des caractères extérieurs des arbres atteints. Il y a, comme dans le Bayoud, une décoloration des palmes qui deviennent blanches; mais cette altération, au lieu de débuter par une feuille unique subterminale, atteint en bloc le bouquet central. De plus la décoloration affecte toujours dès le début la feuille tout entière, alors que

(1) Séance du 15 mai 1933.

dans le Bayoud elle est le plus souvent progressive et parfois longtemps unilatérale. D'autre part, les arbres malades ne meurent pas toujours complètement; dans la majorité des cas, le mal, qui a débuté au voisinage du point végétatif, ne tue que la partie supérieure de l'arbre, de sorte que celui-ci peut repousser, soit de rejets de la base (djebars), soit, plus rarement, de bourgeons latéraux subterminaux. La maladie est donc infiniment moins grave que le Bayoud.

Nous avons d'ailleurs pu constater qu'elle est fort rare dans les palmeraies en bon état et ne produit de dégâts sérieux que lorsque les Dattiers se trouvent dans de mauvaises conditions physiologiques (arbres âgés ou végétant dans des sols mal drainés).

L'autopsie de sujets récemment atteints montre que les lésions sont cantonnées dans le voisinage du point végétatif et qu'elles consistent essentiellement dans une pourriture humide, à progression rapide, du cœur de l'arbre. Les tissus plus ou moins lignifiés, situés immédiatement au-dessous du bourgeon terminal charnu, prennent une teinte rouge vineux *homogène* et se délignifient progressivement jusqu'à leur transformation en une chair jaune verdâtre de consistance caséeuse et gorgée d'eau. Il se dégage en même temps de ces tissus une odeur très marquée de fermentation acétique et butyrique. Cette carie du tronc progresse vers la base en diminuant d'intensité et forme une sorte de cône renversé nettement limité par rapport aux tissus sains par une zone brune étroite. Ce processus amène l'asphyxie et la décomposition du bourgeon terminal et de la base des palmes qui l'entourent, ce qui produit la décoloration de celles-ci.

Dans le rachis de ces palmes malades, les stries rouge brun que l'on trouve toujours dans le Bayoud manquent complètement.

L'étude microscopique des tissus malades non décomposés révèle la présence d'un mycélium siphoné, toruleux, intercellulaire, pourvu de rares suçoirs intracellulaires, et çà et là, dans les cellules du parenchyme, de kystes subglobuleux à membrane lisse et épaisse. Ce mycélium vient parfois former, à la base interne des palmes malades, de petites plaques veloutées blanc crème constituées d'un mélange d'hyphes et de kystes.

Des cultures obtenues par des prélèvements aseptiques dans les tissus et dans les plaques mycéliennes externes ont donné un *Phytophthora* à conidies obpiriformes ordinairement solitaires au sommet d'un pied plus ou moins allongé, peu différencié, qui parfois se ramifie sympodiquement pour donner d'autres conidies.

L'altération des tissus, commencée par le parasite, est continuée par de

nombreux saprophytes (Mucorales, Levures) qui se développent abondamment dans les parties malades, lesquelles sont bientôt baignées dans un liquide en pleine fermentation.

Il s'agit donc d'une maladie analogue à la pourriture du cœur des Palmiers de l'Inde, due au *Phytophthora palmivora*, étudiée par Butler (¹). Il nous paraît toutefois qu'il s'agit d'un parasite différent dont l'étude est actuellement poursuivie.

Les indigènes nomment cette affection *Belaât* (étouffement ou étranglement), mot qui exprime bien le processus de la maladie.

M. **Delépine** dépose sur le bureau de l'Académie un opuscule relatant les cérémonies organisées par les *Pharmaciens normands*, en juillet 1932, en l'honneur de *Nicolas Vauquelin*, pour commémorer le centenaire de sa mort. La vie de Vauquelin y est relatée par M. Henri Hérissey, sa carrière scientifique par M. Marcel Delépine.

M. **A. Blondel** fait hommage à l'Académie de l'Ouvrage intitulé *Les courants alternatifs*, qu'il vient de publier dans une Encyclopédie qu'il dirige.

En transmettant cet Ouvrage, M. Blondel signale qu'il a pour but de donner un exposé critique des différentes méthodes à employer pour l'étude des courants électriques alternatifs sinusoïdaux, de faire ressortir les avantages des méthodes vectorielles et des notations complexes et d'en donner des applications nouvelles. Un chapitre détaillé est consacré aux systèmes polyphasés déséquilibrés.

M. **Camille Sauvageau** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire intitulé *Sur quelques algues phéosporées de Guétary* (*Basses-Pyrénées*).

NOMINATIONS.

M. **E. Borel** représentera l'Académie, avec M. *E. Cartan*, précédemment désigné, à l'inauguration du buste de *Gaston Darboux*, le 22 octobre 1933, au *Lycée de Nîmes*.

(¹) *Mem. of Dept. Agric. Ind.*, *Bot. Ser.*, 3, 1910, p. 221.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Louis Roule. *Les Poissons et le monde vivant des eaux. Études Ichthyologiques et Philosophiques.* Tome sixième. *Le littoral et la haute mer.* (Présenté par M. L. Joubin.)

2° *Bibliographie de* J. J. Berzelius, publiée au nom de l'Académie royale des Sciences de Suède par Arne Holmberg. *Première Partie. Ouvrages imprimés.*

3° *The Species of the Genera* Corypha, Nannorhops, Sabal, Copernicia, Serenoa, Brahea, Acoeloraphe, Washingtonia, Pritchardia, Erythea, Livistona, Licuala, Pritchardiopsis, Pholidocarpus, Teysmannia, Rhapis, Chamaerops, Trachycarpus, Rhaphidophyllum, Trithrinax, Acanthorhiza, Hemithrinax, Thrinax, Coccothrinax, Crysophila. Posthumous *Work* by Dr Odoardo Beccari, Revised and Edited by Prof. Ugolino Martelli.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur le rôle de la condition α dans certaines questions liées à la notion d'ensemble compact et sur le maximum d'une fonctionnelle définie sur un ensemble abstrait.* Note (¹) de M. **Antoine Appert**, présentée par M. Émile Borel.

I. Dans ma Note des *Comptes rendus* de juin 1932 (194, p. 2277) à laquelle je renvoie pour la terminologie adoptée ici, j'avais indiqué certaines simplifications apportées aux propriétés des espaces ($\mathcal{V}$) (espaces où les voisinages ne sont soumis à aucune restriction) quand on suppose vérifiée la condition suivante :

α. *Tout ensemble de fermeture* $\overline{E} = E + E'$ *est fermé.*

L'objet principal de cette nouvelle Note est de montrer que ces simplifications sont particulièrement importantes dans diverses questions liées à la notion d'ensemble compact et au maximum d'une fonctionnelle semi-continue.

(¹) Séance du 15 mai 1933.

II. *Définitions*. — J'ai cru devoir modifier légèrement le langage utilisé par M. Fréchet (*Les espaces abstraits*, Paris, Gauthier-Villars, 1928, p. 195) en adoptant les deux définitions suivantes :

Un ensemble E est *compact en soi* si, pour tout sous-ensemble infini dénombrable e de E, il existe un point de E qui soit point d'accumulation hypermaximée de e.

Un ensemble E est *compact en soi au sens large* si, pour tout sous-ensemble infini dénombrable e de E, il existe un point de E qui soit point d'accumulation maximée de e.

De plus un ensemble E possède la *propriété de Borel* si chaque famille dénombrable d'ensembles couvrant E contient une sous-famille formée d'un nombre fini d'ensembles et couvrant E.

Un ensemble E possède la *propriété cantorienne restreinte* si, pour toute famille monotone et dénombrable $\mathcal{F}$ de sous-ensembles non vides de E, il existe au moins un point de E commun à tous les ensembles de $\mathcal{F}$ ou un point de E commun aux dérivés de tous les ensembles de $\mathcal{F}$.

Une fonctionnelle (réelle finie) $f(x)$ définie sur un ensemble E est *semi-continue supérieurement* au point a de E si, pour chaque nombre $\varepsilon > 0$, il existe un voisinage V_a de a tel que l'hypothèse que le point x appartient à EV_a entraîne

$$f(x) < f(a) + \varepsilon.$$

Je me propose d'étudier la *classe* S des ensembles E appartenant à l'espace considéré tels que chaque fonctionnelle semi-continue supérieurement sur E soit bornée supérieurement sur E et atteigne sa borne supérieure en au moins un point de E.

On obtient la définition des fonctionnelles *continues* en remplaçant dans la définition ci-dessus des fonctionnelles semi-continues l'inégalité

$$f(x) < f(a) + \varepsilon$$

par

$$f(a) - \varepsilon < f(x) < f(a) + \varepsilon.$$

J'étudierai aussi la *classe* S_1 des ensembles E appartenant à l'espace considéré tels que chaque fonctionnelle continue sur E soit bornée sur E et atteigne ses bornes supérieure et inférieure en certains points de E.

III. Alors on a les propositions suivantes :

1° *Dans un espace* ($\mathcal{V}$) *vérifiant la condition* α, *il y a identité entre la classe* A *des ensembles compacts en soi, la classe* B *des ensembles possédant la propriété de Borel, la classe* C *des ensembles compacts en soi au sens large, la*

classe D *des ensembles possédant la propriété cantorienne restreinte et la classe* S ; *mais la classe* S_1 *est en général plus étendue que chacune des cinq classes précédentes.*

Dans l'espace ($\mathcal{V}$) le plus général subsistent l'identité $C = D$ ainsi que les inclusions suivantes dues à M. Fréchet (Ouvrage cité, p. 230 et 236)

$$A \subset B \subset C \subset S \subset S_1.$$

Mais il existe des espaces ($\mathcal{V}$) où $A \neq B \neq C \neq S \neq S_1$. *Les simplifications dues à l'introduction de la condition* α *sont ainsi mises en évidence.*

La classe S_1 reste plus étendue que chacune des cinq classes A, B, C, D, S, même dans certains espaces accessibles. [Les espaces accessibles sont certains espaces ($\mathcal{V}$) vérifiant α.]

Par contre, il résulte d'un théorème de M. Fréchet (*Thèse*, Paris, 1906, p. 31) que, dans les espaces distanciés (qui sont des espaces accessibles particuliers), on a $C = S_1$. *On a donc dans un espace distancié*

$$A = B = C = D = S = S_1.$$

IV. Une transformation ponctuelle univoque $y = T(x)$, qui transforme un ensemble E appartenant à un premier espace ($\mathcal{V}$) en un ensemble F appartenant à un second espace ($\mathcal{V}$) distinct ou non du premier, sera dite *continue* au point a de E si, pour chaque voisinage V_b de $b = T(a)$, il existe un voisinage V_a de a tel que l'hypothèse que le point x appartient à EV_a entraîne que $T(x)$ appartienne à V_b.

J'ai alors démontré le théorème suivant :

2° *Dans les espaces* ($\mathcal{V}$) *les plus généraux, toute transformation continue sur un ensemble* E *compact en soi au sens large transforme* E *en un ensemble* F *compact en soi au sens large.*

V. Prenons comme second espace ($\mathcal{V}$) un espace dont les points sont les nombres réels. Alors on peut faire en sorte que les transformations *continues* d'un ensemble E du premier espace ($\mathcal{V}$) en un ensemble du second espace coïncident ou bien avec les fonctionnelles *continues* sur E (pour un premier choix des voisinages des nombres réels), ou bien avec les fonctionnelles *semi-continues supérieurement* sur E (pour un deuxième choix).

On peut donc appliquer le théorème 2° aux fonctionnelles continues et semi-continues, et l'on retrouve ainsi les inclusions $C \subset S_1$ et $C \subset S$. Ces inclusions qui expriment des propriétés tout à fait importantes des fonctionnelles continues et semi-continues, apparaissent ainsi comme n'étant que des cas particuliers du théorème 2°.

CALCUL GRAPHO-MÉCANIQUE. — *Sur un appareil intégrateur propre à la mesure des aires situées sur des surfaces quelconques.* Note de M. **F.-E. Myard**, présentée par M. d'Ocagne.

Dans une étude complète que nous publierons ailleurs, nous entrerons dans le détail d'une méthode d'intégration pour mesurer les aires de surfaces quelconques, et donnerons le projet des dispositions cinématiques et constructives d'un appareil réalisant, mécaniquement, cette méthode. Nous allons indiquer le principe de celle-ci.

Soit une surface quelconque S limitée par un contour L. Considérons une infinité de plans π parallèles à Oyz et distants de dl, découpant la surface en une infinité de bandes élémentaires.

Soient deux successifs de ces plans π et π'. Considérons, en un point de la surface et situé sur π, l'élément linéaire ds et l'élément perpendiculaire au premier et qui fait l'angle α avec le plan passant par ds et normal à Oyz; nous avons, dès lors, pour l'aire de l'élément infiniment petit de la surface au point considéré $d\varphi = ds.dl/\cos\alpha$.

La bande entière a pour surface $\Delta\varphi = \int ds.dl/\cos\alpha$; et l'aire de la surface complète S sera $\varphi = \int\int ds.dl/\cos\alpha$.

Pratiquement, nous envisagerons un nombre fini de plans parallèles, équidistants à l'intervalle Δl; et la surface approchée d'un élément aura pour valeur $d\varphi = ds.\Delta l/\cos\alpha$.

A l'appareil est lié, dans le plan π, un axe AN demeurant, en chaque point, normal à ds; tandis que d'un point B (décrivant la trace de la surface située sur le plan π') est issu un autre axe BV parallèle à AN, et formant, avec ce dernier, un plan qui reste constamment perpendiculaire au plan Oyz (ce qui permet, par une disposition appropriée, la mesure de α).

L'appareil intégrateur possède un premier cercle C_1 de rayon R_1 et d'axe $O_1O'_1$, conçu de façon que ses *rotations relatives* (par rapport à l'appareil) *soient proportionnelles aux chemins parcourus sur les traces* par le point A.

Un second cercle C_2 (de rayon R_2 et d'axe $O_2O'_2$ normal à $O_1O'_1$ et le rencontrant) porté par l'appareil appuie, par sa circonférence, contre le plan du cercle C_1, et se trouve ainsi entraîné, autour de son axe $O_2O'_2$, par ce cercle C_1 qui lui donne des rotations élémentaires dn, en même temps qu'il subit des translations suivant son axe $O_2O'_2$, et celles-ci s'établissant en fonction de l'angle α.

Appelons r la distance variable du cercle C_2 à l'axe $O_1O'_1$ du cercle C_1. Soit $d\beta$ l'angle élémentaire dont tourne le cercle C_1 quand le point A décrit le chemin ds. L'ensemble est tel que nous ayons $ds = R_1 d\beta$. Il en résulte, pour le cercle C_2, une rotation dn autour de son axe $O_2O'_2$ telle que $R_2 dn = r.d\beta$. D'où $dn = d\beta.r/R_2 = ds/R_1.r/R_2$. Ce qui donne $ds = dn.R_1, R_2/r$. Mais $d\varphi = ds.\Delta l/\cos\alpha$. Donc $d\varphi = \Delta l.R_1.R_2/r\, dn/\cos\alpha$. Et la surface de la bande complète s'écrit :

$$\Delta\varphi = \int d\varphi = \Delta l.R_1 \int \frac{R_2}{r} \frac{dn}{\cos\alpha}.$$

Or la disposition géométrique et cinématique est établie de telle manière que nous ayons, constamment, entre les deux paramètres variables r et α, et le paramètre fixe R_2, la relation $R_2/r\cos\alpha = 1$. D'où

$$\Delta\varphi = \Delta l.R_1 \int dn = K(n_1 - n_0).$$

Dès lors, par une lecture directe à un simple compteur de tours d'axe $O_2O'_2$, on a le résultat désiré.

Dans l'étude de détail annoncée plus haut, nous indiquons deux réalisations pratiques fondées sur ce principe mathématique. Dans la première, les traces sont parcourues, successivement, par une roulette. Le contact de celle-ci sur la trace est représenté, à chaque instant, par le point mobile A, et la totalisation des chemins parcourus se fait directement par cette roulette, et sans la moindre approximation à envisager.

Dans la seconde réalisation, les traces sont parcourues, successivement, par une pointe A en liaison avec une roulette (qui ne roule pas directement sur ces traces) et un train épicycloïdal, l'ensemble permettant la totalisation rigoureuse des chemins parcourus.

Peut-être cette méthode d'intégration, et l'appareil qui en dérive, sont-ils susceptibles de s'appliquer dans le domaine de la biologie cutanée.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Étude spectrale de la polarisation de la couronne solaire pendant l'éclipse totale de Soleil du* 31 *août* 1932. Note de MM. **J. Dufay** et **H. Grouiller**, présentée par M. Ch. Fabry.

I. La polarisation de la couronne solaire est partout radiale, mais la proportion de lumière polarisée est assez mal connue. D'après certaines observations visuelles et photographiques, elle semblait varier beaucoup avec la

longueur d'onde (¹). Il était important, pour la théorie de la couronne, de chercher à préciser ces données : des mesures spectrales paraissaient nécessaires.

Nous avons effectué de telles mesures pendant l'éclipse totale du 31 août 1932. Dans cette Note, nous décrirons notre méthode d'observation et nous ferons connaître les premiers résultats généraux tirés de nos clichés.

II. Un objectif de lunette projette une image de la couronne sur la fente d'un spectrographe à deux prismes de flint. L'objectif de la chambre photographique (6^{cm} de diamètre, 21^{cm} de foyer) est précédé d'un prisme biréfringent de spath achromatisé et donne ainsi sur la plaque deux spectres polarisés à angle droit. L'un reçoit les vibrations radiales, l'autre les vibrations tangentielles.

Derrière la fente, on dispose une lame de quartz taillée parallèlement à l'axe et convenablement orientée. Si la lumière incidente est partiellement polarisée dans le plan radial ou tangentiel, on obtient ainsi deux spectres cannelés. Aux cannelures claires de l'un correspondent les cannelures sombres de l'autre et inversement. Le rapport de l'éclairement minimum (au centre d'une cannelure sombre) à l'éclairement maximum (au centre d'une cannelure claire) mesure le facteur de dépolarisation ρ de la lumière incidente, d'où la proportion de lumière polarisée $p = 1 - \rho / 1 + \rho$.

Cette méthode permet d'éviter complètement les difficultés provenant de la dissymétrie du biréfringent (en lumière naturelle les deux images ne sont pas également éclairées) et de la polarisation par les prismes dispersifs. L'étude du spectre ordinaire et celle du spectre extraordinaire sont tout à fait indépendantes et se contrôlent mutuellement.

III. Nous avons observé l'éclipse à Louisville (province de Québec) avec la mission de M. de La Baume-Pluvinel. Une éclaircie de quelques minutes nous a permis de profiter de toute la durée de la totalité. Le ciel était alors dégagé de tout nuage au voisinage du Soleil.

Deux poses ont été faites successivement : l'une de 3 secondes pour la couronne intérieure, l'autre de 70 secondes, pour la couronne extérieure. Pendant cette dernière, un écran opaque cachait la couronne intérieure trop brillante jusqu'à $3',5$ du bord solaire. Le diamètre projeté sur la fente était incliné de $21°$ sur l'équateur solaire.

On distingue, sur le premier cliché, les raies chromosphériques 3889, 3934, 3968, 4027, 4076, 4102, 4340 4471, 4861 et 5876 Å, mais aucune

(¹) M. Minnaërt, *Zeitschrift für Astrophysik*, 1, 1929, p. 209.

raie coronale n'est nettement visible. Les cannelures, très marquées dès le bord solaire, s'étendent, pour certaines radiations, jusqu'à 32′ de celui-ci, du côté Est.

Des poses de comparaison de même durée ont été faites sur les mêmes plaques, aussitôt après l'éclipse, en dirigeant l'instrument vers le ciel et en plaçant sur la fente des écrans absorbants neutres de densités connues. Elles ont permis de tracer les courbes de noircissement pour chaque radiation.

IV. De l'étude des clichés, faite à l'aide du nouveau microphotomètre enregistreur de M. J.-F. Thovert, se dégagent les résultats suivants :

1° Dans toute la région spectrale explorée la proportion de lumière polarisée est presque indépendante de la longueur d'onde. C'est à peine si elle diminue de 0, 02 ou 0, 03 de 390 à 570$^{m\mu}$.

2° Voisine de 0,13 à 1′,5 du bord solaire, la proportion de lumière polarisée augmente rapidement avec la distance et atteint 0,26 à 10′ environ. Elle décroît ensuite plus lentement et n'est plus que 0,16 à 19′ et 0,12 à 24′ du bord.

3° Pour une même distance au bord, la proportion de lumière polarisée est à peu près la même des deux côtés du Soleil bien que la brillance y soit assez différente.

Dès maintenant se trouve éliminée la principale difficulté qu'avait rencontrée la théorie développée par Minnaërt (1) : *la couronne solaire dont la courbe d'énergie spectrale est pratiquement identique à celle du Soleil* (2), *et dont la lumière est polarisée à peu près dans la même proportion pour toutes les longueurs d'onde, diffuse bien la lumière comme un gaz d'électrons libres.*

---

(1) M. Minnaërt, *loc. cit.*

(2) W. Grotrian, *Zeitschrift für Astrophysik*, 3, 1931, p. 199.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les discontinuités du potentiel au contact d'une substance semi-conductrice et d'une électrode métallique.* Note de M. G. **Déchêne**, présentée par M. A. Cotton.

Lorsqu'un courant électrique traverse une substance semi-conductrice, des discontinuités du potentiel se produisent aux électrodes. Je me suis proposé de voir comment varient ces discontinuités avec les diverses conditions physiques.

Les substances étudiées (oxyde jaune de mercure, chlorure de plomb, oxyde de zinc, carbonate de sodium effleuri) étaient comprimées dans un moule cylindrique d'ébonite sous une pression de quelques milliers de kilogrammes par centimètre carré; dans la plupart des cas, les électrodes étaient en mercure; des sondes en fer permettaient l'étude de la répartition des potentiels. La longueur occupée par la substance étant de quelques centimètres, les discontinuités du potentiel formaient une fraction importante de la tension utilisée.

Soient V la d. d. p. entre deux points pris dans la substance et très voisins des électrodes, I l'intensité du courant électrique, V_1 et V_2 les discontinuités du potentiel; les *résistances de contact* sont les quantités V_1/I et V_2/I; la *résistance ohmique* est V/I.

1. *Résistance ohmique.* — La résistance ohmique dépend du degré d'humidité de la poudre étudiée; elle décroît quand la température s'élève; elle est d'autant plus grande que la substance est plus comprimée. Elle n'est bien déterminée en général, que lorsque la résistivité est élevée (10^8 à 10^9 ohms-cm); si la résistivité est plus faible (10^6 à 10^7 ohms-cm), la résistance ohmique décroît quand on utilise des tensions élevées et augmente sous l'influence du passage du courant.

2. *Résistances de contact.* — *a*. Pour les faibles tensions, les résistances de contact sont constantes et indépendantes du sens du courant. Quand la discontinuité du potentiel sur une électrode atteint quelques dizaines de volts dans le cas d'une substance de grande résistivité et une fraction de volt seulement si la résistivité est faible, la résistance de contact décroît et, pour une discontinuité donnée, est plus faible si l'électrode considérée est anode; avec du chlorure de plomb de grande résistivité, les résistances de contact restent presque indépendantes du sens du courant, même pour les tensions très élevées.

b. Les résistances de contact sont d'autant plus importantes que la

substance a une plus grande résistivité. Pour les faibles tensions, les discontinuités, dans des conditions comparables, sont du même ordre de grandeur pour des substances de même nature, mais de résistivités très différentes; aux tensions élevées, les discontinuités sont moins importantes pour les substances de faible résistivité.

c. Les discontinuités du potentiel sont peu modifiées par une élévation de température de quelques dizaines de degrés, les résistances de contact diminuant à peu près dans le même rapport que la résistance ohmique.

d. Les résistances de contact diminuent si l'on accroît la pression exercée sur la substance par les électrodes.

e. Si une électrode est constituée par une grille et qu'on l'éclaire fortement, la résistance de contact y devient plus faible.

f. Les résistances de contact varient avec le temps lorsque la substance est traversée par un courant; il y a accroissement à l'anode; à la cathode, il se produit une diminution pour les faibles tensions et un accroissement pour les tensions élevées (quelques centaines de volts au moins).

3. *Polarisation des électrodes*. — Une f. e. m. de polarisation apparaît entre les électrodes sous l'influence du passage du courant. Elle croît avec le temps et avec la tension utilisée, sans jamais dépasser une valeur de l'ordre du volt.

4. *Étude en courant alternatif*. — Les discontinuités du potentiel s'établissent en courant alternatif, mais leurs valeurs efficaces sont plus faibles que celles qu'on calcule en supposant que leurs valeurs instantanées sont les mêmes qu'en courant continu; les résultats obtenus expérimentalement concordent avec les valeurs calculées en assimilant chacun des contacts à un condensateur qui présente des fuites; les capacités de ces condensateurs sont d'autant plus faibles que la substance a une plus grande résistivité; les valeurs obtenues varient entre 3.10^{-11} et $2,5.10^{-9}$ farad par cm^2.

Si la substance utilisée présente une cause de dissymétrie (non homogénéité de la compression, échauffement ou éclairement d'une électrode, passage préalable d'un courant continu), la valeur moyenne du courant qui la traverse n'est pas nulle; le courant alternatif est alors partiellement rectifié.

5. *Considérations théoriques*. — La production des discontinuités du potentiel provient de la difficulté qu'éprouvent les centres électriques mobiles (électrons, ions) à sortir du milieu dans lequel ils se déplacent. Au voisinage de chaque électrode, l'établissement de la tension est suivi de l'apparition d'un excès de centres chargés d'un certain signe et de la dispari-

tion de centres chargés du signe contraire. Supposons que la substance possède, de ce fait, une densité électrique en volume ρ s'étendant sur une profondeur d. Soit E_0 le champ électrique au contact de l'électrode métallique. Un calcul simple montre que la discontinuité du potentiel est $KE_0^2/8\pi\rho$ et la capacité du contact par centimètre carré est $C = K/2\pi d$ (K = constante diélectrique de la substance).

Toutes les causes qui facilitent les échanges électriques entre la substance et l'électrode métallique (pression exercée, échauffement, éclairement de la surface) font diminuer E_0 et, par suite, la discontinuité du potentiel pour une intensité donnée du courant.

La capacité par centimètre carré du contact ayant été déterminée expérimentalement, la relation $C = K/2\pi d$ permet de calculer la profondeur d de la substance dans laquelle se produit la variation rapide du potentiel; en prenant $K = 10$, les valeurs obtenues pour d sont de l'ordre de 10^{-4} à 10^{-2} cm.

ELECTRICITÉ. — *Sur l'emploi des bigrilles pour l'amplification des courants continus.* Note de MM. **P. Donzelot** et **J. Divoux**, présentée par M. A. Cotton.

Une des causes d'instabilité des amplificateurs à courants continus réside dans la variation de tension des batteries plaque employées. Elle peut être éliminée soit par un montage en pont, soit par un montage à deux lampes en opposition [1]. Subsistent alors deux autres causes : *a.* les variations de la batterie de tension filament; *b.* les variations de la batterie de tension grille, qui semblent être les plus importantes.

Il est possible de s'en affranchir par l'emploi des lampes bigrilles. On alimente avec une batterie A d'assez forte capacité un potentiomètre calculé de façon que la température du fil reste pratiquement très voisine de la température ambiante; on prendra, dans le tiers médian, une dérivation qui alimente le filament. Un curseur, dans la région positive par rapport au filament assurera la polarisation de la grille de champ; un autre, dans la région négative donne la polarisation de la grille de contrôle. Dans ces conditions, une diminution Δe de la tension aux bornes du potentiomètre amène :

---

(1) P. Donzelot et J. Divoux, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1008.

a. Une diminution $\Delta i_1 = K_1 \alpha \Delta e$ du courant plaque, due à la diminution de l'émission électronique du filament. K_1 est une constante du montage qui dépend de la lampe et de la résistance employées, α est la pente de la caractéristique courant plaque-tension filament au point utilisé.

b. Une augmentation $\Delta i_2 = K_2 \beta \Delta e$ du courant plaque, due à la diminution en valeur absolue de la tension grille externe. K_2 est une constante analogue à K_1, β la pente de la caractéristique courant plaque-tension grille externe.

c. Une diminution $\Delta i_3 = K_3 \gamma \Delta e$ du courant plaque, due à la diminution de la tension grille interne. K_3 constante du montage, γ est la pente de la caractéristique courant plaque-tension grille interne.

Le tracé des caractéristiques et l'expérience montrent qu'il est possible d'avoir avec une bigrille : $K_1 \alpha + K_3 \gamma = K_2 \beta$, et d'affranchir ainsi le débit plaque des variations des batteries filament et polarisation.

Un raisonnement semblable dans le cas des triodes, où seuls existent α et β, amène, pour avoir $K_1 \alpha = K_2 \beta$, à se placer dans des zones qui ne correspondent pas à l'utilisation normale des triodes (car α y est trop petit), et où, de plus, α et β sont rapidement variables.

Si l'on emploie le montage en pont de Wheatstone [1], dont deux branches sont constituées par des bigrilles, deux autres par des résistances fixes, on réalise de plus la compensation de la batterie plaque.

Nous avons étudié différentes couples de bigrilles. Dans tous les cas, une étude préalable nous permet de déterminer les caractéristiques de fonctionnement et de choisir exactement les points d'utilisation. Une des lampes étant prise comme lampe d'entrée, la position de ses curseurs est ainsi fixée, et l'on recherche, en faisant varier les résistances du pont, les tensions E_{ge} et E_{gi} de la seconde lampe, une position où une altération de 10 pour 100 des tensions plaque et potentiomètre ne donne pas, sur un galvanomètre sensible à 10^{-8} amp/mm, de déviation supérieure à 5^{mm}. Le réglage est rapide, le facteur d'action supplémentaire représenté par la grille interne des lampes le rendant plus facile, plus stable et plus durable que dans le cas des triodes. De plus, à cause de la faible tension plaque utilisée (10 volts), la stabilité instantanée est très accrue, et ce progrès est surtout sensible quand on utilise de grandes valeurs pour la résistance de grille. La dérive propre est extrêmement faible : quelques millimètres à l'heure. L'emploi d'une résistance de 400 mégohms, ce que des mesures

---

(1) P. Donzelot, *Bulletin de la Soc. Fr. de Phys.*, 7 avril 1933, p. 78 et suiv.

préalables sur la lampe autorisent, conduit à une sensibilité de l'ordre de 10^{-14} amp/mm pour un seul étage en pont. Deux ponts en cascade permettent l'annulation pratique de la dérive, et l'accroissement de la sensibilité.

Le quartz poli est le seul isolant utilisé. L'appareil est totalement blindé, y compris les batteries d'alimentation. Les connexions sont soudées après réglage. Les forces électromotrices d'origine thermo-électriques, surtout dans les potentiomètres et rhéostats, sont la cause habituelle d'incidents de fonctionnement.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur l'origine des électrons positifs.* Note de Mme **Irène Curie** et M. **F. Joliot**, présentée par M. Perrin.

Nous avons montré [1] que le rayonnement pénétrant excité par les rayons α dans le glucinium fait sortir des électrons positifs d'un écran de plomb, mais non d'un écran d'aluminium. Nous avons signalé aussi que le nombre d'électrons positifs est fortement réduit quand on interpose 2^{cm} de plomb entre la source et le radiateur de plomb, ce qui porte à croire que ces électrons ne sont pas produits par les neutrons.

Ces expériences ont été poursuivies en employant, comme précédemment l'appareil à détente de Wilson, avec champ magnétique. Le cylindre de verre de l'appareil porte un orifice fermé par une feuille d'aluminium de $1/10^e$ de millimètre d'épaisseur. Derrière cette feuille mince on peut placer des rondelles de matières diverses qui sont irradiées par la source de (Po + Be) placée à petite distance en dehors de l'appareil. Voici les résultats obtenus :

1° L'interposition de 2^{cm} de plomb entre la source et un radiateur de plomb réduit d'environ 40 pour 100 le nombre d'électrons négatifs venant du radiateur et le nombre d'électrons positifs est réduit dans une proportion analogue.

2° Avec une pastille d'oxyde d'urane comme radiateur le nombre d'électrons positifs est un peu plus grand qu'avec le plomb.

3° Avec une rondelle de cuivre comme radiateur il y a peu d'électrons positifs.

4° L'énergie maximum des électrons négatifs est de $4,7 \times 10^6$ eV (ce qui

---

(1) Irène Curie et F. Joliot, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1105.

correspond à un quantum de 5×10^6 eV), celle des électrons positifs est de l'ordre de $2,2 \times 10^6$ eV.

5° Dans plusieurs clichés on observe deux trajectoires d'électrons : l'un positif, l'autre négatif, paraissant provenir du même point. Il est possible que ces électrons aient réellement été émis simultanément.

Ces expériences sont très en faveur de l'hypothèse de la production des électrons positifs par le rayonnement γ. En effet, il semble que le même rayonnement est responsable de la production de électrons positifs et des électrons négatifs, et l'absorption de 40 pour 100 dans 2^{cm} de plomb s'accorde bien avec un rayonnement γ de 5×10^6 eV. D'autre part *la proportion des électrons positifs croît avec le poids atomique du radiateur*, ce qui fait penser que leur émission est reliée au phénomène d'absorption nucléaire des rayons γ.

On peut se représenter le phénomène de la façon suivante : un photon γ de grande énergie rencontrant un noyau lourd se transformerait en deux électrons de signe contraire. Si l'on suppose que le noyau n'intervient que pour provoquer la transformation, un quantum de 5×10^6 eV perdrait une énergie de $1,1 \times 10^6$ eV pour produire la masse des deux électrons; si ceux-ci se partagent à peu près également le reste de l'énergie du quantum, chacun aura une énergie cinétique de $1,95 \times 10^6$ eV, peu éloignée de la limite de $2,2 \times 10^6$ eV trouvée expérimentalement. Pour donner naissance aux deux électrons le photon γ devrait avoir une énergie quantique d'au moins $1,1 \times 10^6$ eV, ce qui s'accorde avec le fait que l'absorption nucléaire est douteuse pour les rayons γ du RaC($1,6 \times 10^6$ eV) et bien établie pour les rayons γ du ThC″ ($2,66 \times 10^6$ eV).

On peut aussi envisager une autre interprétation en admettant l'existence de corpuscules neutres de masse voisine de celle de l'électron (*neutrino* de Pauli-Fermi) dont la dislocation produirait un électron positif et un électron négatif. Les neutrinos pourraient se trouver soit dans le rayonnement excité dans le glucinium, soit dans les noyaux lourds rencontrés.

Nous avons essayé de mettre en évidence la projection d'électrons positifs par les rayons γ en étudiant les électrons produits dans un radiateur de plomb par un faisceau filtré et bien canalisé de rayons γ du ThC″. On observe quelques trajectoires qui semblent être celles d'électrons positifs venant du plomb. L'une de ces trajectoires aboutit à un écran de mica placé au milieu de l'appareil et il existe de l'autre côté de l'écran une trajectoire de plus faible rayon de courbure qui peut être celle du même électron positif, ralenti et légèrement dévié par son passage dans l'écran. Ceci

prouverait qu'il ne s'agit pas d'un électron négatif allant vers le radiateur.

D'après ces expériences il est probable que le rayonnement du Th C″ projette des électrons positifs. L'énergie maximum des électrons négatifs est de $2,5 \times 10^6$ eV, en accord avec l'énergie quantique des rayons γ les plus pénétrants, $2,65 \times 10^6$ eV, celle des électrons que l'on peut considérer comme électrons positifs est de 800000 eV environ. Cette énergie peut s'interpréter, comme dans le cas de Po + Be, si un quantum de $2,65 \times 10^6$ eV se transforme en 2 électrons (+) et (—) et leur communique à chacun la moitié de l'énergie résiduelle.

L'absorption nucléaire des rayons γ du Th C″ pour le plomb est de l'ordre de 40 pour 100 de l'absorption par effet Compton. Toutefois si l'absorption supplémentaire est attribuée à la disparition d'un quantum avec projection d'un électron (—) et d'un électron (+), on ne doit pas s'attendre à observer une forte proportion d'électrons positifs. En effet, ceux-ci sont probablement émis dans toutes les directions et l'on n'en observe qu'une petite fraction dans l'appareil alors que les électrons émis par effet Compton sont émis surtout vers l'avant et par conséquent peuvent être observés.

PHYSIQUE. — *Anomalies dans la propagation des ondes radioélectriques courtes*. Note de MM. **N. Stoyko** et **R. Jouaust**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Les enregistrements de signaux horaires radioélectriques sur ondes courtes permettent de mettre en évidence certains phénomènes particuliers intéressants. Nous avons déjà signalé [1] un cas d'enregistrement de signaux dédoublés : la première partie du signal se propageant suivant le plus petit arc du grand cercle, la seconde suivant le plus grand arc.

Le Bureau International de l'Heure reçoit les émissions américaines d'Annapolis (NSS) sur $37^m,36$ de longueur d'onde, mais leur trajet semble être plus long que celui des autres émissions. Les retards dans le trajet ont deux points de convergence pour lesquels nous avons obtenu, d'après les résultats de cinq mois d'observation (d'octobre 1932 à février 1933), les valeurs suivantes :

$$\Delta_1 = 0^s,00676 \pm 0^s,00078, \qquad \Delta_2 = 0^s,02943 \pm 0^s,00107.$$

---

(1) R. Jouaust et N. Stoyko, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1207.

Le premier cas se rencontre dans la proportion de 80 pour 100 pendant les mois d'octobre et novembre 1932 et février 1933.

Ces résultats sont à rapprocher de ceux obtenus par T. L. Eckersley [1]. Cet expérimentateur avait cherché à relever au radiogoniomètre les émissions de postes munis de rideaux projecteurs et cela en utilisant des goniomètres placés derrière le rideau. Il constata que les émissions relevées semblaient venir d'un point situé à 2000^{km} dans la direction de propagation.

Or précisément NSS, le poste d'Annapolis, est muni d'un projecteur renvoyant l'énergie rayonnée vers l'Ouest, c'est-à-dire à l'opposé de l'Europe. Par suite de la courbure de la Terre, il est possible qu'un rayon émis par le poste pénètre dans la couche ionisée de la haute atmosphère sous un angle tel qu'il y éprouve une forte diffusion renvoyant en arrière une partie de l'énergie. Le poste peut être perçu d'une façon analogue à celle qui permet à un observateur placé derrière uu projecteur de voir la lumière diffusée par les nuages.

Cette diffusion peut se produire au moment où les ondes atteignent la première fois la couche ionisée ou après une ou deux réflexions normales.

Notre premier cas (Δ_1) correspond à une diffusion lors du premier contact des ondes avec la couche ionisée, le deuxième cas (Δ_2) après deux réflexions normales.

Il a été possible, dans le cas particulier que nous avons signalé, de déduire, du retard observé, la hauteur de la couche ionisée. En prenant pour valeur i de l'angle que la direction des ondes fait avec l'horizon, celle que nous avons trouvée dans le cas d'une propagation normale des ondes courtes [2], nous avons, pour la hauteur de la couche ionisée, $400^{km} \pm 50^{km}$ dans le premier cas et $340^{km} \pm 15^{km}$ dans le second. Les hauteurs trouvées pour la couche ionisée sont du même ordre de grandeur que celles que l'on trouve par d'autres méthodes.

La distance du premier point de la diffusion des ondes est, comptée sur le grand cercle, environ à 900^{km} d'Annapolis. C'est la région des grands lacs.

Le second point de la diffusion se trouve à 4000^{km} d'Annapolis, ce qui correspond à la côte de l'océan Pacifique.

Peut-être pourrait-on expliquer ces diffusions anormales par le fait qu'au-

(1) T. L. Eckersley, *J. of Institution of Electrical Engineers*, **67**, 1929, p. 922.
(2) N. Stoyko et R. Jouaust, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1291.

dessus des régions correspondant à des discontinuités sur la surface de la Terre, il existe des distorsions dans les couches supérieures ionisées.

Quoi qu'il en soit, de semblables résultats montrent que des erreurs très notables peuvent résulter, dans certains cas, de l'emploi des ondes courtes pour la détermination des longitudes.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Propriétés photoélectriques du magnésium.* Note (1) de M. G. **Déjardin** et Mlle R. **Schwégler**, présentée par M. Ch. Fabry.

1. Nous avons étudié, dans des conditions variées, l'émission photoélectrique d'une couche de magnésium obtenue par condensation de la vapeur de ce métal sur une paroi de verre. D'après H. de Laszlo (2), la sensibilité d'une telle couche serait caractérisée par un maximum sélectif vers 2537 A et, dans l'intervalle 3000-2400 A, par une valeur exceptionnellement grande de l'émission photoélectrique monochromatique, rapportée à un flux constant d'énergie rayonnante.

Les fragments de magnésium utilisés dans la fabrication de nos cellules étaient découpés dans un lingot de métal pur fondu sous une atmosphère d'argon. En volatilisant le métal dans un excellent vide, nous avons obtenu régulièrement des dépôts parfaitement réfléchissants et vraisemblablement débarrassés de la plus grande partie des gaz occlus. La sensibilité spectrale des cathodes ainsi préparées a été déterminée au moyen d'un monochromateur à optique de quartz, en utilisant comme sources de rayonnement l'arc au mercure George-Gallois et le tube à hydrogène de Chalonge et Lambrey. Pour mesurer l'énergie admise dans la cellule du type corps noir, nous disposions d'une pile de Moll préalablement étalonnée ou, dans la plupart des cas, d'une cellule ordinaire au potassium dont la fenêtre avait été recouverte d'une couche fluorescente de salicylate de soude aggloméré avec de la dextrine.

La sensibilité spectrale de cette cellule avait été déterminée directement à l'aide de l'arc au mercure et de la pile de Moll. Dans l'intervalle 3400-2300 A, les variations de l'émission photoélectrique apparente sont correctement représentées par une droite de faible inclinaison passant par l'origine des longueurs d'onde, conformément aux déterminations récentes de Dubouloz (3). Un récepteur de ce type, dont la constance

(1) Séance du 15 mai 1933.

(2) H. de Laszlo, *Philosophical Magazine*, 13, 1932, p. 1171-1178.

(3) P. Dubouloz. *Thèse de doctorat*, Lyon, 1933.

et la fidélité paraissent très satisfaisantes, remplace donc avantageusement la pile pour la plupart des mesures énergétiques, notamment dans la région la plus éloignée du spectre visible.

Les courbes d'émission relatives à plusieurs cathodes de magnésium pur, sans être superposables, sont entièrement analogues et ne présentent aucun maximum entre le seuil photoélectrique, voisin de 3400 A, et la longueur d'onde 2100 A, au-dessous de laquelle aucune mesure précise n'était possible. Dans le tableau suivant sont mentionnées, à titre d'exemples, les valeurs du seuil et de l'émission σ correspondant à trois cellules préparées suivant la même technique :

Seuil.	σ (3130 A).	σ (2537 A).
3400 A	0,8.10^{-5} amp : watt.	7,9.10^{-5} amp : watt.
3400 »	0.4 »	4,0 »
3500 »	1,0 »	7,3 »

Le rendement exceptionnel signalé par de Laszlo (pour $\lambda = 2537$ A, $\sigma = 1330 \cdot 10^{-5}$ amp : watt) est donc loin d'être atteint. D'ailleurs, l'aspect général de la courbe de sensibilité trouvée par cet expérimentateur indique nettement qu'il ne s'agit pas de magnésium pur. D'après d'anciennes observations de Pohl et Pringsheim, le « vieillissement » de la surface de la couche de magnésium, probablement sous l'action des gaz résiduels, entraînerait l'apparition d'un maximum sélectif vers 2500 A, ainsi que le déplacement progressif du seuil vers les grandes longueurs d'onde.

Un chauffage intense et prolongé de la plaque de nickel supportant le fragment de magnésium produit généralement un dégagement gazeux appréciable à l'intérieur de l'ampoule. On obtient alors une couche épaisse dont la surface est plus ou moins mate et blanchâtre, et pour laquelle le seuil photoélectrique se trouve fréquemment reporté entre 4000 et 5000 A. Toutefois, nous n'avons pas réussi jusqu'à présent à mettre en évidence une décroissance de l'émission dans la région des courtes longueurs d'onde, au delà de 2500 A. Il nous est donc impossible de nous prononcer sur la réalité du maximum observé par Pohl et Pringsheim et retrouvé par de Laszlo.

II. Nous avons relevé également la courbe d'émission photoélectrique d'un dépôt de magnésium obtenu par pulvérisation cathodique sur une plaque de nickel, suivant la technique indiquée récemment par H. C. Rentschler, D. E. Henry et K. O. Smith [1]. L'électrode de

[1] *Review of Scientific Instruments*, 3, 1932, p. 794-802.

magnésium, en forme de tige, avait été découpée dans le même bloc de métal pur déjà utilisé pour la préparation des couches condensées sur la paroi de verre. La pulvérisation, effectuée dans une atmosphère d'argon pur, donne sur le nickel un revêtement d'aspect uniforme dont la surface semble finement granuleuse. La courbe de sensibilité est tout à fait comparable à celle des dépôts brillants obtenus par volatilisation dans le vide. Le seuil est encore voisin de 3400 A, et les valeurs absolues de l'émission sont du même ordre de grandeur. Ainsi, les deux procédés fournissent des résultats équivalents; la décharge dans l'argon n'entraîne aucune modification appréciable des propriétés photoélectriques du métal.

III. On obtient sans précautions particulières ([1]) une couche très brillante en vaporisant partiellement dans le vide un fragment d'alliage de magnésium et de baryum, renfermant 25 à 30 pour 100 de ce dernier métal. Lorsque la température de l'alliage reste inférieure à 900°C., le dépôt est formé presque uniquement de magnésium, comme le montre la courbe de sensibilité et le très faible déplacement éventuel du seuil, par exemple de 3400 à 3600 A. Mais un chauffage plus intense permet d'obtenir une couche réfléchissante pour laquelle le seuil dépasse généralement 5000 A. La courbe d'émission s'élève encore régulièrement vers les courtes longueurs d'onde, mais elle présente cependant une déformation plus ou moins accentuée (changement de pente, sinuosité avec point d'inflexion) vers 3400 A. Cette particularité doit vraisemblablement être attribuée à la présence du baryum, pour lequel un maximum sélectif a été décelé au voisinage de 3600 A (Pohl). En procédant à deux volatilisations séparées, à des températures différentes, nous avons pu observer sur la même cathode la modification de la courbe d'émission comportant la déformation vers 3400 A et l'extension de la sensibilité vers les grandes longueurs d'onde. Le rendement photoélectrique reste d'ailleurs du même ordre de grandeur. Par exemple, pour une cathode Mg-Ba dont le seuil est voisin de 5500 A, l'émission passe de 14.10^{-5} amp : watt ($\lambda = 3130$ A) à 25.10^{-5} amp : watt ($\lambda = 2537$ A).

([1]) On sait que le baryum constitue un excellent *getter*, absorbant pratiquement tous les gaz résiduels.

ÉLECTROCHIMIE. — *Mécanisme de l'action de la lumière sur les électrodes photosensibles à sels de cuivre.* Note de M. **René Audubert**, présentée par M. Jean Perrin.

J'ai montré [1] le rôle essentiel joué par l'eau dans les phénomènes photovoltaïques et signalé qu'il est possible d'expliquer qualitativement les propriétés principales des photocellules électrolytiques en admettant que l'hydrogène ou l'oxygène résultant d'une photolyse de l'eau déplace l'équilibre d'oxydo-réduction dont les électrodes sont le siège.

La théorie développée à partir de cette hypothèse peut être vérifiée quantitativement avec les sels de cuivre photosensibles :

Cu/CuI, — Cu/CuO, — Cu/Cu^2O, — Cu/CuCl, — Clu/CuF, — Cu/Rhodamine, — Cu/Bleu de Nil, — Cu/Vert malachite, etc.

On sait [2] que le potentiel à l'obscurité E est lié à l'activité $[Cu^{++}]$ par :

$$E = E_0 - \frac{RT}{2F} \operatorname{Log}[Cu^{++}]$$

et que, par suite d'une oxydo-réduction où intervient l'oxygène,

$$[Cu^{++}] = \frac{k}{k'^2} \frac{[O^2]^{\frac{1}{2}}}{[\overline{O}H]^2}.$$

Si l'on admet l'équation de la photolyse $H^2O +$ lumière $\rightarrow H^2 + 1/2\, O^2$, toute augmentation de l'activité de l'oxygène se traduit par une augmentation de $[Cu^{++}]$, c'est-à-dire par un photopotentiel positif.

Pour de faibles variations d'activité sous l'influence du rayonnement (cas des rayonnements de faible intensité), le photopotentiel ε est donné par :

$$(1) \qquad \varepsilon = dE = \frac{RT}{2F} \frac{d[Cu^{++}]}{[Cu^{++}]} = \frac{k[O^2]^{-\frac{1}{2}} d[O^2]}{2k'^2[\overline{O}H]^2[Cu^{++}]}.$$

D'autre part, la vitesse de photolyse de l'eau est proportionnelle à l'intensité de la lumière $\mathcal{J}$, par suite, si le milieu est tamponné en O^2, ce qui est le même cas, ainsi qu'on l'a vu précédemment [2] de solutions de sulfate ou de nitrate de cuivre, $d[O^2]$ est proportionnel à $\mathcal{J}$. Conformément à l'expé-

(1) R. Audubert, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 15; 194, 1932, p. 82.

(2) R. Audubert, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1386.

rience, la théorie montre que $\mathcal{E}$ est d'autant plus grand que le milieu est plus réducteur, plus acide, et que l'activité $[Cu^{++}]$ est plus faible.

Si l'on considère des solutions de sels normaux, en cuivre, à pH constant, $\mathcal{E} = K/[Cu^{++}]$. Les nombres contenus dans le Tableau I montrent que cette relation est vérifiée par l'expérience.

Tableau I. — *Photopotentiels en* 10^{-3} *volt*.

Activité de l'ion Cu^{++}.	Concentration SO^4Cu.	Cu^2O. Obs.	Cu^2O. Calc.	CuO. Obs.	CuO. Calc.	CuI. Obs.	CuI. Calc.	CuCl. Obs.	CuCl. Calc.
0,045....	$m \times 0,5$	6,0	6,2	6,8	7	2,2	2,1	1,5	1,6
0,027....	$m \times 0,2$	9,0	10,4	11,2	11,5	3,5	3,5	2,5	2,66
0,019....	$m \times 0,2$	15,5	14,7	16,0	16,5	4,8	5,0	3,9	3,79
0,012....	$m \times 0,05$	22,0	23,2	27	26,25	8,0	7,9	6,0	6,0
0,0047...	$m \times 0,01$	58	59,3	65	67	21,5	20,0	16,0	15,6
0,0029...	$m \times 0,005$	92	96,5	100	108,5	35	32,6	26	24,8
0,0014...	$m \times 0,002$	180	209	198	224,7	63,0	67,5	54	51,5

Pour des milieux à pH variable, la relation (1) peut s'écrire :

$$\log \mathcal{E} = A - \frac{E}{0,030} + 2\,pH, \qquad (2)$$

où E désigne le potentiel à l'obscurité.

Le Tableau II montre que la formule représente correctement les résultats expérimentaux dans le cas des photopotentiels peu élevés.

Tableau II.

pH.	E.	$\mathcal{E}$ calculé.	$\mathcal{E}$ observé.	pH.	E.	$\mathcal{E}$ calculé.	$\mathcal{E}$ observé.
Milieux tampons : Citrate de soude-Phosphate de soude.							
CuI (A = 7,5).							
6,2.....	−170	6	6	3,8.....	− 50	25	28
5,4.....	−126	8	7	3,0.....	− 10	40	32
4,6.....	− 88	17	15				
CuO (A = 9,2).							
6,2.....	−148	55	50	4,6.....	− 25,8	92	82
5,4.....	− 69,5	53	55	3,8.....	+ 36,4	97	89
CuO/Cu^2O (A = 9,1).							
6,2.....	−150	39	40	3,8.....	− 18	126	109
5,4.....	−106	64	60	3,0.....	− 20	133	120
4,6.....	− 63	100	93				
Cu^2O (A = 9,5).							
6,2.....	−140	55	53	3,8.....	− 10	97	93
5,4.....	− 64	65	59	3,0.....	lame altérée		
4,6.....	− 50	92	90				

Les photopotentiels élevés seraient calculés à partir de :

$$\mathcal{E} = E_{lum.} - E_{obsc.} = \frac{RT}{2F} \log \frac{[Cu^{++}]_{lum.}}{[Cu^{++}]_{obsc.}}.$$

Ces résultats montrent qu'un photopotentiel positif est lié à un processus d'oxydation. Dans le cas d'un photopotentiel négatif, l'électrode serait en équilibre vis-à-vis de l'hydrogène, et la lumière provoquerait une réaction de réduction.

En définitive, la théorie photoélectrochimique, basée sur la photolyse de l'eau, rend compte des propriétés des piles photovoltaïques; appliquée aux électrodes de cuivre, elle donne lieu à une vérification quantitative.

RAYONS X. — *Émission X caractéristique d'éléments à l'état gazeux. Spectre* K *du krypton.* Note de Mlle **Y. Cauchois** et M. **Horia Hulubei**, présentée par M. Jean Perrin.

Nous avons poursuivi depuis plusieurs années la réalisation de montages qui devaient convenir, entre autres buts, pour provoquer et étudier l'émission X des gaz. Cette étude nous a paru présenter un grand intérêt en ce qu'elle permet d'étudier les spectres X sur des atomes ou molécules libres, donc dans des conditions très voisines de celles des émissions optiques ordinaires. Nous avons voulu pouvoir obtenir des spectres au moins aussi fins et complets que ceux obtenus pour les solides.

La loi de Moseley rend actuellement sans intérêt toute détermination peu précise des longueurs d'onde caractéristiques.

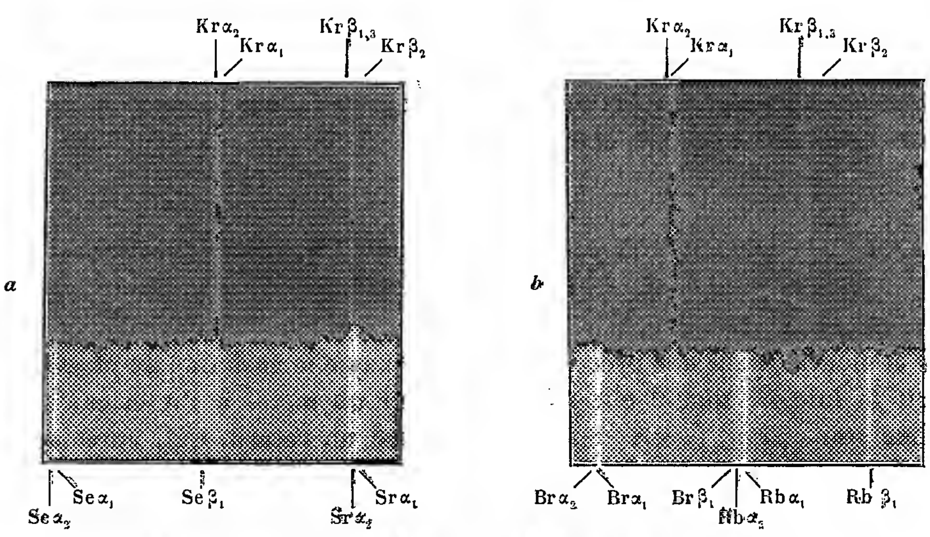
Une difficulté tenait à ce que la source de rayons X constituée par le volume gazeux excité est large et diffuse; elle se trouve résolue par l'emploi d'un spectrographe à focalisation déjà décrit [1]. Afin de produire une émission intense nous avons excité le gaz par le faisceau électronique sortant dans l'air à travers la mince fenêtre métallique d'un tube dont la description a été publiée [2]. Le gaz étudié est contenu dans une enceinte indépendante fermée par une fenêtre d'aluminium mince, transparente aux électrons sur une surface d'environ 7^{cm^2}. Il n'est pas difficile de faire supporter au tube des tensions élevées, donc de disposer d'une vitesse électronique suffisante pour l'excitation du gaz, en adoptant cet arrangement.

---

(1) Y. Cauchois, *Journ. de Phys.*, 7e série, 4, 1933, p. 61.
(2) Y. Cauchois, *Journ. de Phys.*, 7e série, 3, 1932, p. 512.

Après des essais préliminaires sur le bromure de méthyle, qui nous ont donné tout le spectre K de diagramme du brome en 3 heures de pose, nous avons entrepris l'étude du krypton, sur un échantillon offert par M. G. Claude.

Nous reproduisons ci-dessous deux des spectres obtenus pour le krypton. C'est la première fois, à notre connaissance, que l'on publie un



a. Spectre K du krypton sur plaque *Opta*. Références : spectres K du Se et du Sr. Agrandi quatre fois.
b. Spectre K du krypton sur film *Laue*. Références : Spectres K du Br et du Rb, Agrandi quatre fois environ.

spectre X de *gaz*. Ces clichés montrent bien que, par la technique décrite, on peut faire une étude systématique de l'émission X des éléments à l'état gazeux.

Les conditions d'expérience ont été : puissance dépensée dans le tube, 500 à 850 hectowatts; pression du krypton, environ 5cm de mercure; diamètre du spectrographe, 20cm; distance de la fenêtre de sortie du rayonnement X à la plaque photographique, 35cm; temps de pose, 5 heures pour que β_2 soit mesurable. Le cristal est une lame de gypse courbée qui donne, dans l'ordre choisi, une dispersion d'environ 25 U. X. au millimètre. Les raies de référence proviennent de l'émission de couches minces de sels d'éléments voisins du krypton, substituées au réservoir à gaz : sélénium en poudre, bromure de potassium, chlorure de rubidium, chlorure de strontium; les longueurs d'onde adoptées sont celles trouvées dans les tableaux

respectifs du traité de M. Siegbahn (1). La largeur des raies n'est que de 0,01 à 0^{mm},03, ce qui nous a permis, malgré la faible dispersion, de déterminer les longueurs d'onde du krypton à $\pm$ 0,25 U. X. près.

36 Kr (2).	λ U. X.	ν/R.	$\sqrt{\nu/R}$.
$K\alpha_2$	982,1	927,87	30,46
$K\alpha_1$	978,1	931,67	30,52
$K\beta_{1,3}$	876,7	1039,43	32,24
$K\beta_2$	864,3	1054,34	32,47

Sur nos clichés, des structures se laissent prévoir dans les raies mesurées, et des raies plus faibles se devinent.

OPTIQUE. — *Variations de phase par réflexion sur couches métalliques très minces.* Note de M. P. Rouard, presentée par M. Ch. Fabry.

J'ai montré, dans une précédente Note (3), que la variation de phase que subit la lumière quand elle se réfléchit sur un métal à l'intérieur d'un milieu transparent (verre, mica) est d'abord un retard, qui, après avoir passé pour chaque longueur d'onde par un maximum, diminue et s'annule quand l'épaisseur croît. Cette variation de phase devient ensuite une avance, qui croît très rapidement, passe elle aussi par un maximum et se stabilise, après une série de maxima et de minima, aux environs de 0,30.

Il est intéressant d'étudier ce qui se produit quand la réflexion s'effectue dans l'air sur un métal.

Le métal est déposé par projection cathodique sur l'une des lames d'un étalon de Pérot-Fabry. La couche métallique a la forme d'un coin d'épaisseur lentement croissante. Elle est supprimée sur une étroite bande le long de deux diamètres de la lame, l'un dirigé suivant la ligne de plus grande pente du coin, l'autre suivant une direction perpendiculaire. La seconde lame de l'étalon n'est pas argentée. Le réglage de l'étalon s'effectue par réflexion, en utilisant les parties non métallisées.

Le montage est le même que celui employé pour l'étude de la variation de

(1) M. Siegbahn, *Spektroskopie der Röntgenstrahlen*, 2e édition, p. 178.

(2) A. Dauvillier (*Comptes rendus* 191, 1930, p. 937) a donné, sans reproduire de spectre, les valeurs moyennes : $K\alpha_1\alpha_2 = 978$; $K\beta = 875$, à quelques unités X près.

(3) Rouard, *Comptes rendus*, 196, 1932, p. 339.

phase quand la réflexion s'effectue dans le verre sur le métal. La lame à faces planes et parallèles est simplement remplacée par l'étalon de Pérot-Fabry, la lame non métallisée étant traversée la première par la lumière incidente (si l'on retournait l'étalon face pour face on aurait une réflexion dans le verre sur le métal qui compliquerait le phénomène observé). De la variation de diamètre des anneaux, quand la réflexion s'effectue dans l'air sur la bande dénudée ou dans l'air sur le métal, on déduit le sens de la grandeur de la variation de phase, en tenant compte du fait que la lumière qui s'est réfléchie sur le métal a parcouru un chemin moindre que celle qui s'est réfléchie sur la partie non métallisée.

Les résultats pour l'argent sont donnés dans le tableau suivant. Les avances de phases sont inscrites avec le signe —, les retards sans aucun signé, le tout en fractions de longueur d'onde.

Épaisseurs.	404.	4358.	4696.	5461.	5780.
mμ 0,5	0,01	—0,005	—0,015	0,00	—0,01
0,9	—0,02	—0,04	—0,035	—0,035	—0,045
1,2	—0,025	—0,02	—0,015	—0,04	—0,045
1,5	0,005	—0,015	0,00	—0,04	—0,035
3,2	0,025	0,015	0,035	0,00	—0,01
3,9	0,04	0,015	0,025	0,015	—0,005
4,6	0,025	0,06	0,05	0,015	0,025
5,2	0,06	0,035	0,04	0,02	0,02
6,6	0,06	0,06	0,08	0,055	0,045
7,8	0,07	0,10	0,10	0,09	0,075
9	0,08	0,13	0,14	0,13	0,11
11	0,095	0,09	0,13	0,09	0,085
13	0,11	0,06	0,09	0,06	0,055
15	0,125	0,08	0,10	0,09	0,09
17	0,095	0,08	0,10	0,075	0,07
20	0,10	0,08	0,075	0,055	0,065

Les phénomènes observés sont en quelque sorte inverses de ceux qui se produisent lors de la réflexion verre-métal. On a ici pour chaque longueur d'onde, d'abord une avance, qui passe par un maximum, diminue, s'annule et devient un retard quand l'épaisseur croît. Ce retard passe par un maximum très net vers $9^{m\mu},5$ pour la plupart des longueurs d'onde. Il subit ensuite une série d'oscillations.

Ces phénomènes paraissent dus au fait que, pour ces faibles épaisseurs, la lame de métal est encore transparente. Un faisceau lumineux tombant

sur elle donne au moins deux faisceaux réfléchis. Les anneaux à l'infini que donne l'étalon sont donc fournis par la composition de plusieurs faisceaux lumineux d'intensités différentes.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Variation thermique de la biréfringence magnétique de l'oxygène liquide*. Note de M. **P. Lainé**, présentée par M. A. Cotton.

A l'aide du dispositif expérimental qui m'a servi dans des mesures déjà publiées ([1]), j'ai mesuré la biréfringence magnétique de l'oxygène liquide pour la radiation verte de l'arc au mercure ($\lambda = 546$) et une série de températures comprises entre celle de l'azote liquide commercial et celle de l'oxygène liquide commercial bouillant sous la pression atmosphérique. Les nombres trouvés s'échelonnent entre $19^\circ 17'$ pour la température de $77^\circ,9$K. et $13^\circ,40'$ pour la température de $90^\circ,1$K. J'ai comparé le rapport de ces nombres à celui qui résulterait de la théorie de la biréfringence magnétique des corps paramagnétiques développée par Langevin ([2]). D'après cette théorie, la variation thermique de la biréfringence devrait, si l'on suppose constante l'anisotropie optique des molécules et si l'on néglige la susceptibilité diamagnétique devant la susceptibilité paramagnétique, être proportionnelle à celle de l'expression $(\eta_0^2 + 2)^2/n_0 . d/T^2$. Dans cette expression n_0 représente l'indice normal du corps pour la radiation utilisée, T la température absolue et d la densité.

L'étude expérimentale de la variation thermique de n_0 pour l'oxygène liquide n'ayant pas été faite, j'ai calculé les valeurs de n_0 à l'aide de la relation de Lorentz-Lorenz :

$$\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{1}{d} = \text{const.},$$

et de la mesure d'indice effectuée à la température de 92°K. et pour la raie D par Olzewski et Witkowski ([3]) ($n = 1,222$).

J'ai calculé d en me servant de la formule $d = 1,25 - 0,0048\ (T - 68)$ donnée par Baly et Donnan ([4]).

([1]) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1218 (*lire* dans cette Note : 90°,6K, *au lieu de* 89°,8K).

([2]) Langevin, *Le Radium*, 7, 1910, p. 249.

([3]) *Recueil des Constantes physiques de la Soc. franç. de Physique*, 1913, p. 465.

([4]) Baly et Donnan, *J. Chem. Soc.*, 81, 1902, p. 907.

J'ai trouvé, pour la température de 77°,9 K.,

$$\frac{(n_0^2+2)^2}{n_0}=10,09 \qquad \text{et} \qquad \frac{(n_0^2+2)^2}{n_0}\,\frac{d}{T^2}=2,000.10^{-3},$$

et, pour la température de 90°, 1 K.,

$$\frac{(n_0^2+2)^2}{n_0}=10,01 \qquad \text{et} \qquad \frac{(n_0^2+2)^2}{n_0}\,\frac{d}{T^2}+1,410.10^{-3}.$$

La valeur prévue par la théorie de Langevin pour le rapport des biréfringences aux températures ci-dessus serait donc $2,000/1,410=1,418$.

Si l'on néglige le facteur $(n_0^2+2)^2/n_0$, on trouve 1,407.

La valeur expérimentale est $19°17'/13°40'=1,411$.

Bien que le calcul de n_0 à l'aide de la formule de Lorentz-Lorenz ne soit pas rigoureux, on peut, en raison de la faible importance du facteur $(n_0^2+2)^2/n_0$, considérer le résultat théorique comme très voisin du résultat expérimental.

Or, d'après les résultats obtenus à Leyde par Kamerlingh Onnes et Périer [1] la susceptibilité magnétique de l'oxygène liquide subirait, dans l'intervalle de température considéré, une variation inférieure à la moitié de celle prévue par la théorie de Langevin du paramagnétisme. (Cet écart a été expliqué par P. Weiss à l'aide de l'hypothèse du champ moléculaire.) La théorie de Langevin relative à la biréfringence magnétique étant basée sur la même loi d'orientation que sa théorie du paramagnétisme, il est assez surprenant, *a priori*, que l'on ne retrouve pas, à propos de la biréfringence magnétique, une influence du champ moléculaire comparable à celle qui se manifeste dans la variation thermique des propriétés magnétiques. Cette remarque paraît devoir faire supposer que l'anisotropie optique de l'oxygène liquide augmente lorsque la température s'abaisse. L'augmentation corrélative de la biréfringence devrait alors, tout au moins dans l'intervalle de température que j'ai exploré, compenser presque exactement la diminution que ferait prévoir l'action du champ moléculaire sur les propriétés magnétiques. L'oxygène liquide viendrait ainsi se ranger dans la catégorie assez restreinte des liquides tels que les acides formique et acétique dont l'anisotropie optique augmente également quand la température s'abaisse et l'on pourrait dès à présent s'attendre à ce que, de même que pour ces autres corps, l'anisotropie optique de l'oxygène augmente au cours de sa condensation. Je compte soumettre ces hypothèses à un contrôle expéri-

---

(1) *Comm. Leiden*, n° 116, 1910, p. 1.

mental direct en étudiant la variation avec la température du facteur de dépolarisation de la lumière diffusée par l'oxygène liquide. Je me propose encore d'étendre aux mélanges d'oxygène et d'azote liquides la comparaison entre les variations thermiques de la biréfringence magnétique, du facteur de dépolarisation de la lumière diffusée et des propriétés magnétiques. L'étude expérimentale des propriétés magnétiques de ces mélanges, réalisée à Leyde par Périer et Kamerlingh Onnes ([1]), a montré, en effet, que l'influence du champ moléculaire diminue lorsque la dilution de l'oxygène augmente. Si l'hypothèse de la variation thermique de l'anisotropie optique de l'oxygène liquide se trouvait confirmée, les résultats des expériences projetées permettraient sans doute d'élucider la cause de cette variation (associations moléculaires ou champ moléculaire ou les deux à la fois) et d'en déduire quelques renseignements nouveaux sur la structure de la molécule d'oxygène. [Si l'hypothèse émise par Cabannes ([2]) au sujet des molécules d'acide formique, d'acide acétique et de formiate de méthyle s'applique à l'oxygène, elle indiquerait que la plus grande dimension de la molécule coïncide avec une direction de faible réfractivité.]

RADIATIONS. — *Sur l'émission probable d'un rayonnement peu pénétrant par certains métaux.* Note de M. **Jean Reboul**, présentée par M. A. Cotton.

M. R. Colson indiquait ([3]) que certains métaux, et notamment le zinc, agissent à distance sur la plaque photographique. Il attribuait cette action à l'émission, par une lame de zinc fraîchement nettoyée, de vapeurs susceptibles de venir réduire le sel d'argent de la plaque sensible.

Pour éliminer l'hypothèse d'un rayonnement, il se basait sur les faits suivants :

Dans le vide de la machine pneumatique, l'action était aussi nette que dans l'air à la pression ordinaire.

L'influence des éléments de l'air étant ainsi éliminée, M. Colson montrait que, d'une manière générale, les obstacles interposés entre la plaque photographique et la lame de zinc étaient contournés.

([1]) *Comm. Leiden*, n° 139, 1914, p. 37.

([2]) Cabannes, *La diffusion moléculaire de la lumière*, Chap. XIII, p. 259.

([3]) *Comptes rendus*, 123, 1896, p. 49.

J'ai repris les expériences de M. Colson et obtenu un certain nombre de résultats qui semblent incompatibles avec l'hypothèse qu'il avait admise.

1° Il est possible que dans le vide peu poussé et difficile à maintenir de la machine pneumatique, l'action ne présente pas de diminution sensible; mais l'expérience montre que dans un vide de l'ordre du millimètre, l'action est fortement diminuée; elle est pratiquement nulle dans un vide de quelques centièmes de millimètre.

L'air semble jouer un rôle essentiel dans le phénomène; ceci est d'ailleurs vérifié par le fait que l'on n'obtient rien dans une atmosphère de gaz carbonique.

On comprend mal pourquoi l'absence d'air empêche une lame de zinc d'émettre des vapeurs.

2° Il m'a été possible dans plusieurs expériences d'obtenir des effets d'ombre qui, incompatibles avec l'hypothèse de diffusion de vapeurs, ne peuvent s'expliquer que par l'existence d'un rayonnement : on tend par exemple des tiges métalliques minces à égale distance entre une lame de zinc et une plaque photographique distante de 5^{mm}; on obtient après une pose de quelques jours une ombre portée des tiges sur la plaque.

M. R. Colson indiquait dans sa Note que l'action se produisait à travers un certain nombre de corps tels que papier blanc, encre d'imprimerie sèche et d'une manière générale des corps poreux; les corps compacts, le papier noir, le carton arrêtant toute action.

Or j'ai obtenu, avec des plaques sensibles (Lumière Opta), une impression à travers des obstacles tels que papier noir épais, du carton de $0^{mm},5$ d'épaisseur, des lames de cellophane de plusieurs dixièmes de millimètre d'épaisseur, des feuilles minces d'aluminium de $0^{mm},02$. J'ai même obtenu, après une pose de deux semaines, une impression à travers une mince lamelle de mica. L'hypothèse de diffusion de vapeurs à travers de tels obstacles paraît assez invraisemblable.

3° On trace sur une lame de zinc fraîchement nettoyée des caractères avec de l'encre de Chine, de la plombagine ou du noir de fumée en couche mince. On la place à 1 ou 2^{cm} au-dessus d'une plaque photographique; on constate que la plaque est impressionnée beaucoup plus vivement au-dessous de ces caractères.

On ne voit pas le rôle que les vapeurs de zinc peuvent jouer dans ce phénomène qui pourrait s'expliquer si l'on admet que, sous l'action d'un rayonnement émis par le métal, les atomes de carbone se trouvent dans un état « excité ».

Il est d'ailleurs certain que l'impression à travers le papier, le carton, etc., est due en partie à une telle excitation, car si l'on superpose entre la lame de zinc et la plaque sensible des obstacles de nature différente, le noircissement de la plaque dépend de l'ordre dans lequel sont placés ces obstacles.

En outre, une feuille de papier qui a été placée au-dessous d'une lame de zinc fraîchement nettoyée acquiert elle-même la propriété d'impressionner la plaque photographique comme s'il y avait eu production d'un rayonnement de phosphorescence.

En résumé, tous ces faits inexplicables par la seule hypothèse d'émission de vapeur par le zinc pourraient s'interpréter si l'on admet l'émission d'un rayonnement, dont il reste à préciser la nature, susceptible d'exciter un certain nombre d'atomes (gaz de l'atmosphère, carbone). Parmi les métaux pouvant émettre ce rayonnement, M. Colson avait indiqué le zinc, le magnésium, et à un degré moindre le cadmium; il convient d'ajouter le nickel à ce dernier métal.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la structure fine du spectre magnétique des rayons α du radioactinium et de ses dérivés.* Note de Mme **P. Curie** et M. **Salomon Rosenblum.**

Dans une Note précédente [1], nous avons signalé dans le spectre magnétique des rayons α, 8 raies (dont deux incertaines) pour le radioactinium, 2 raies pour l'actinium X et 3 raies pour l'actinon.

Nous avons pu récemment compléter et préciser ces résultats. Pour le radioactinium, nous signalons maintenant 11 raies (dont une incertaine), pour l'AcX 3 groupes.

Dans les tableaux ci-après, nous donnons les résultats obtenus et nous comparons quelques différences énergétiques aux rayonnements γ qui probablement leur correspondent. Pour $V\alpha_0$ du radioactinium, nous admettons V = 1,706.10 cm/sec; en effet, la vitesse α_0 du radioactinium coïncide avec celle de α_0 du thorium C d'après un spectre où les raies des dérivés du RdAc ont été obtenues sur le même cliché que celles du ThC (nous estimons cette coïncidence supérieure au millième). Les préparations du radioactinium ont été obtenues par la même méthode que dans le travail précédent.

---

[1] *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1232.

TABLEAU I. — *Radioactinium.*

Raies.	Intensité (appréciation visuelle).	Énergie corrigée du recul en ekV.	Raies.	Intensité (appréciation visuelle).	Énergie corrigée du recul en ekV.
0(1)........	80	6159	6..........	5	5921
1(2)........	15	6127	7(5).......	80	5869
2(3).......	100	6097	8..........	15	5847
3...........	15	6075	9(6).......	60	5822
4...........	5	6030	10?........	10	5776
5(4).......	10	5975			

Pour la correction due au recul nous avons pris le poids atomique du RdAc égal à 227. Les chiffres entre parenthèses correspondent à la publication antérieure sur le spectre α du radioactinium (*Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1232).

TABLEAU II. — *Radioactinium.*

Raies.	Différence d'énergies en ekV.	Énergie des rayons γ en kV.	Raies.	Différence d'énergies en ekV.	Énergie des rayons γ en kV.
0-1.........	32	31,5	6-9.........	99	100,7
1-2.........	30	31,5	1-5.........	152	149
3-4.........	45	43,7	5-10........	199	195
1-3.........	52	53,3	3-9.........	253	254
5-6.........	54	53,3	4-10........	254	254
6-7.........	52	53,3	1-8.........	280	282
0-2.........	62	61,4	3-10........	299	300

Actinium X. — Dans le travail précédent, l'attribution des raies de l'actinium X a été obtenue par la comparaison du spectre provenant de préparations de RdAc exemptes d'actinium X et de celles où l'AcX était déjà formé. Dans le travail actuel, nous avons également employé des préparations d'AcX ne contenant pas de RdAc. Les sources de AcX ont été obtenues par entraînement par le sulfate de baryum. Ces préparations ne sont pas très satisfaisantes et nous espérons en améliorer la technique. La nouvelle raie (notée α_0) est la plus forte et la plus rapide du spectre. Elle n'a pas été signalée dans notre travail précédent; en effet, elle coïncide avec α_{10} du RaAc. Il se confirme d'ailleurs que la raie α_{10} devient plus forte quand l'AcX s'accumule dans le RaAc. Pour les mesures, nous avons surtout utilisé les spectres obtenus avec les sources de RdAc vieillies donnant des raies plus fines que les préparations d'AcX.

TABLEAU III. — *Actinium X*.

Raies.	Intensité (appréciation visuelle).	Énergie corrigée du recul en e kV.
0	6	5823
1 (1)	4	5709
2 (2)	1	5634

Actinon. — Nous confirmons l'existence des trois raies signalées antérieurement. D'après Lewis et Wynn-Williams (1), le groupe lent ($\alpha_1 + \alpha_2$) correspond à 1/5e du groupe rapide. Ceci permet d'évaluer l'intensité de chaque groupe à 1/10e environ. Il semble cependant, d'après l'appréciation visuelle, que cette valeur est trop faible.

TABLEAU IV. — *Actinon*.

Raies.	Intensité (appréciation visuelle).	Énergie corrigée du recul en e kV.	ΔE en e kV.	Énergie des rayons γ (2) en kV.	β correspondants en kV.
0	–	6953			
			270	268	175,8
1	–	6683			
			127	130?	113
2	–	6556			

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur une interprétation des données de M. Aston.* Note de M. **W. Swietoslawski**, présentée par M. J. Perrin.

Si l'on représente la masse du noyau atomique d'un élément quelconque A_n sauf l'hydrogène par l'équation

$$A_n = n\,Dh + x N_r, \tag{1}$$

dans lequelle n est le nombre atomique, x le nombre des neutrons, Dh la masse moyenne du demihelion et N_r celle du neutron dans le noyau, on

(1) Voir Lord Rutherford et Bowden. *Proc. Roy. Soc.*, 136, 1932, p. 407,

(2) Ces rayonnements γ sont attribués par Hahn et Meitner (*Zeits. f. Physik*, 34, 1925, p. 795) à l'AcX. A l'époque où Hahn et Meitner avaient effectué leur travail, on ne savait pas que l'actinon émettait des rayons γ (voir Lord Rutherford et Bowden, *loc. cit.*). Or, dans les préparations d'actinium X, l'actinon peut rester occlus et contribuer au spectre β qui sert à calculer les énergies du spectre γ.

peut rechercher comment la contraction de la masse du noyau ΔM varie en fonction de n et de x. L'examen de ce problème ne préjuge point la justesse de la supposition que les noyaux atomiques sont composés de demihélions et de neutrons.

Comme dans une série d'isotopes d'un élément quelconque n reste constant tandis que x varie, parfois même dans des limites assez larges, on peut se demander comment la contraction totale ΔM varie, lorsque n reste constant. Le Tableau I contient une telle comparaison d'après les déterminations de M. Aston (¹). Dans ce tableau Δx désigne la différence des nombres de neutrons contenus dans les isotopes, ΔA la différence des masses de leurs noyaux, N_r la masse moyenne d'un neutron dans le noyau.

TABLEAU I.

N.	Élément.	Δx.	ΔA.	Nr.
5	Baryum	1	0,9975	0,9975
10	Néon	2	2,0044	1,0022
17	Chlore	2	1,997	0,9985
18	Argon	4	3,995	0,9988
35	Brome	2	1,997	0,9985
36	Krypton	8	8,003	1,0003

La valeur moyenne de la masse du neutron dans les différents noyaux ne varie que dans des limites assez restreintes.

En ce qui concerne les isotopes de Xe, Sn et Hg, M. Aston se borne à signaler que la contraction relative de la masse des noyaux de chaque série d'isotopes de ces éléments reste constante, c'est-à-dire que la masse moyenne du neutron dans les noyaux de ces éléments peut être considérée comme constante, s'il s'agit de la première approximation. Si l'on admet cette hypothèse comme approximativement juste, il devient possible de calculer la valeur moyenne de la masse d'un demihélion dans les noyaux de différents éléments

$$\text{(2)} \qquad Dh = \frac{An - xNr}{n} = \frac{An - 0,997x}{n}.$$

Dans l'équation (2) on a pris pour la masse moyenne du neutron dans le noyau la valeur 0,9997. Le Tableau II contient les valeurs Dh calculées d'après l'équation (2).

(¹) ASTON, *Proc. Royal Soc.*, **115**, 1927, p. 507.

TABLEAU II.

n.	Élém.	x.	Dh.	n.	Élém.	x.	Dh.	n.	Élém.	x.	Dh.
11	H	0	–	9	F	1	1,9994	36	Kr	6	1,9974
2	He	0	2,00053	10	Ne	0	1,9995	53	J	21	1,9983
3	Li	0	2,00034	15	P	1	1,9983	54	X	26	1,9983
5	B	0	2,0021	17	Cl	1	1,9984	80	Hg	40	1,9988
6	C	0	2,0000	18	A	0	1,9981	82	Pb	42	1,9998
7	N	0	2,0006	33	As	9	1,9975	92	Ur	54	(2,0003)
8	G	0	1,9999								

D'après les données du Tableau II on conclut que la masse du demihélion diminue régulièrement en atteignant un minimum pour Kr, puis elle augmente jusqu'à la valeur de 1,9998 pour Hg et Pb. Si l'on prolonge la courbe on peut déterminer au moyen d'une extrapolation la masse du demihélion dans le noyau de l'uranium : 2,00032. Cette valeur, une fois admise, permet de calculer la masse du noyau atomique de l'uranium : 238,013 ainsi que celle de l'atome entier : 239,064. En se basant sur cette valeur, ainsi que sur les valeurs des masses des atomes de plomb de l'hélium et de celle de l'électron, il devient possible de calculer la perte de masse qui résulte de la transformation radioactive de l'uranium en plomb. Cette perte est égale à 0,033. Le calcul d'après la quantité d'énergie dégagée par les éléments radioactifs dans la série Ur-Pb donne une valeur presque identique. Par exemple les calculs basés sur la chaleur dégagée dans la série des éléments radioactifs donne la valeur 0,041. La concordance est assez satisfaisante.

Il est remarquable que le phénomène de la radioactivité cesse, lorsque la masse du demihélion devient égale à celle de deux neutrons (Pb).

Bien qu'on ait admis ci-dessus que la masse du neutron dans le noyau atomique reste constante, il paraît plus probable que cette supposition n'est qu'une première approximation. Il se peut que cette masse augmente en fonction de l'augmentation du rapport y/n qui est d'autant plus grand que le poids atomique est plus grand.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude de la constitution des alliages ternaires magnésium-cuivre-silicium.* Note ([1]) de MM. **Albert Portevin** et **Maurice Bonnot**, présentée par M. Léon Guillet.

Du système Mg-Cu-Si, seuls les alliages binaires ont été étudiés : il en résulte l'existence des composés définis binaires : Mg^2 Cu, Mg Cu^2, Mg^2, Si, Cu^3 Si. Comme l'étendue signalée des solutions solides est faible ou nulle, nous avons cherché à obtenir un aperçu d'ensemble sur le système

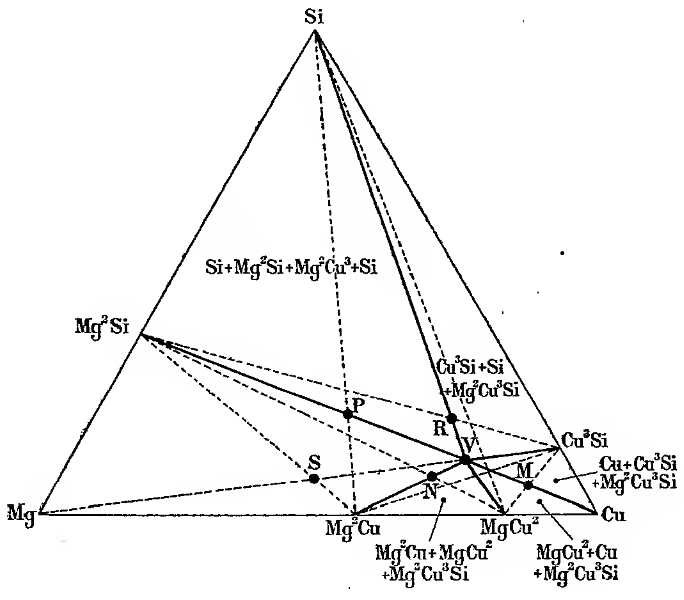


Fig. 1.

ternaire par la méthode des compositions cruciales ([2]), en étudiant les alliages correspondant à des intersections choisies de toutes les sections possibles joignant deux à deux tous les composés définis.

L'examen de l'alliage V, situé à l'intersection des sections Mg-Cu^3 Si et Cu-Mg^2 Si, nous a montré tout d'abord l'existence d'un composé défini ternaire, de formule Mg^2 Cu^3 Si fondant à 927°, d'où nouveau tracé des

---

([1]) Séance du 15 mai 1933.

([2]) *Klarkreuz Verfahren de* W. Guertler, Voir A. Portevin, *Prédétermination de la division du triangle de référence en triangles partiels par des sections quasi binaires* (*Traité de Chimie minérale*, **12**, p. 52, sous presse).

différentes sections quasi binaires possibles, et par l'examen des alliages de compositions cruciales M, N, P, R, S, la division en triangles élémentaires représentés figure 1. Seul l'examen de l'alliage S situé à l'intersection des sections Mg — Mg^2Cu^3Si et Mg^2Cu — Mg^2Si ne nous a pas permis de conclure. Nous avons donc étudié les alliages compris dans le quadri-

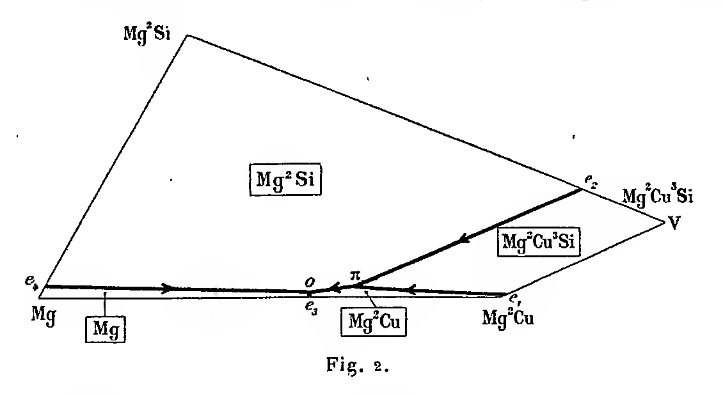


Fig. 2.

latère Mg — Mg^2Cu — Mg^2Cu^3Si — Mg^2Si, en cherchant à esquisser le diagramme ternaire avec le minimum de déterminations.

Pour cela on a étudié, par analyse thermique et micrographique, les sections Mg^2Cu^3Si-Mg^2Cu, Mg^2Cu^3Si-Mg^2Si qui se sont montrées quasi binaires, la première avec un eutectique e_1 fondant à 565°, très voisin de Mg^2Cu, la seconde avec un eutectique e_2 contenant 16 pour 100 Mg^2Si et fondant à 857°. Les sections Mg-Mg^2Cu^3Si et Mg^2Cu-Mg^2Si ont fait apparaître l'existence de deux équilibres invariants à quatre phases :

1° Un péritectique ternaire du premier type π à la température de 508° marquant la réaction,

$$\text{liquide } \pi + Mg^2Cu^3Si \rightleftharpoons Mg^2Cu + Mg^2Si,$$

le liquide π ayant 38 pour 100 Cu et 0,6 pour 100 Si;

2° Un eutectique ternaire o, à 479° marquant la réaction :

$$\text{liquide o} \rightleftharpoons Mg + Mg^2Cu + Mg^2Si,$$

le liquide o correspondant à 32,5 pour 100 Cu et 0,4 pour 100 Si.

La réaction péritectique ternaire est toujours incomplète : des recuits prolongés pendant 600 heures rapprochent de la constitution d'équilibre sans l'atteindre, ce qui ne permet pas l'application de l'analyse thermique quantitative (¹) à ces deux réactions invariantes. Aucune des sections

(¹) A. Portevin, *Rev. Métall.*, 7, 1910, p. 1149.

Mg — Mg^2Cu^3Si et Mg^2Cu — Mg^2Si n'est quasi binaire; elles font simplement connaître l'intersection de ces sections avec les nappes de solidification. Ces données permettent d'esquisser le diagramme (*fig.* 2) comportant quatre nappes de solidification primaire se coupant sur les courbes Oe_3, Oe_4, $O\pi$, πe_1, πe_2 de cristallisation eutectique binaire aboutissant au point péritectique ternaire π et à l'eutectique ternaire O.

La constitution à froid de ces alliages serait conséquemment celle indiquée

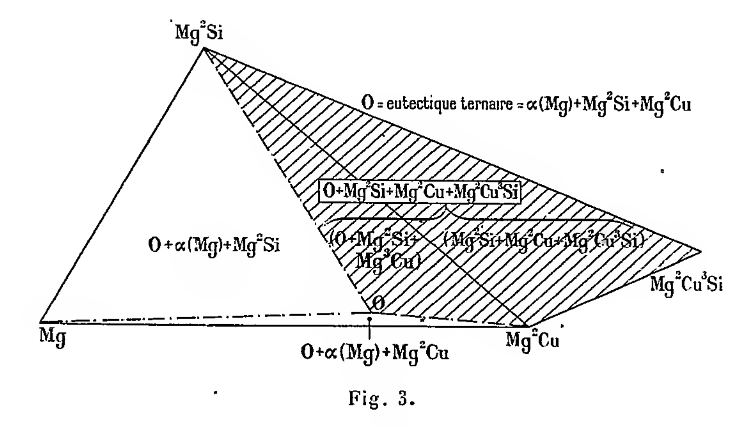


Fig. 3.

par les triangles de la figure 3. En raison de l'équilibre incomplet, les domaines chevauchent les uns sur les autres et l'on a un quadrilatère où il y a présence hors d'équilibre de quatre phases.

PHYSICOCHIMIE. — *Sur les températures d'inflammation du gaz tonnant à la pression atmosphérique*. Note de M. **Tauzin**, présentée par M. Ch. Fabry.

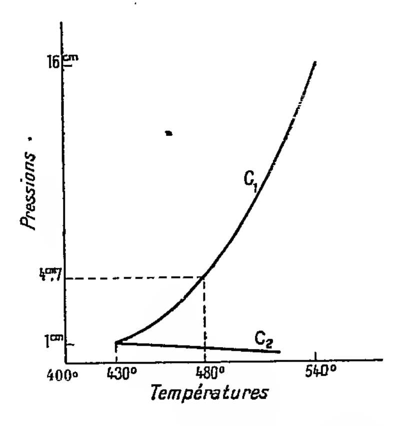
Divers auteurs ont mesuré les températures d'inflammation des mélanges gazeux, à la pression atmosphérique, en introduisant brusquement dans un tube vide chauffé le gaz provenant d'une réserve à la pression atmosphérique [1]. Or des travaux récents ont montré que le gaz tonnant s'enflamme au contact d'une paroi chauffée, pour des pressions de l'ordre du centimètre de mercure [2]. Dans les deux cas, les températures sont du

[1] Mallard et Le Chatelier, *Annales des Mines*, 4, 1883, p. 274 à 618; Prettre et Laffitte, *Bulletin de la Société chimique de France*, 45, 1929, p. 785.

[2] Hinshelwood et Thompson, *Proceedings of the Royal Society of London*, 122, 1929, p. 610.

même ordre de grandeur; d'autre part le gaz tonnant s'enflamme sans retard. On peut donc penser que, dans les expériences à la pression atmosphérique, le gaz s'est enflammé à basse pression, pendant le remplissage du tube.

Si cette supposition est exacte ces inflammations se produiront encore pendant le remplissage d'un tube chauffé à une pression quelconque. C'est ce que nous avons vérifié sur un mélange sommairement desséché d'hydrogène et d'air à 30 pour 100 d'hydrogène. Nous avons déterminé le domaine d'inflammation de ce mélange à basse pression. Portons en abscisses les températures en degrés centigrades et en ordonnées les pressions en centimètres de mercure : ce domaine est la portion de plan comprise entre C_1 et C_2. D'autre part, en admettant brusquement dans un tube de quartz



chauffé, le même mélange provenant d'une réserve à la pression atmosphérique, nous avons trouvé qu'il s'enflammait pour des températures du tube égales ou supérieures à 480°. A ces mêmes températures nous avons pu enflammer le gaz pour toutes les pressions comprises entre 76cm et quelques millimètres.

Le mécanisme de ces inflammations paraît être le suivant (nous raisonnons pour plus de clarté sur le mélange qui a servi à nos expériences; mais ces phénomènes sont généraux pour les mélanges contenant du gaz tonnant). Considérons le cas où la pression dans la réserve est la pression atmosphérique et où la température du tube est égale ou supérieure à 480°. Les premières portions de gaz qui pénètrent dans le tube sont sous faible pression; certaines d'entre elles, au contact de la paroi, atteignent instantanément la température de cette paroi; leur point représentatif pénètre dans le domaine d'inflammation; elles s'enflamment et provoquent la combustion de toute la

masse gazeuse. Si, pour les mêmes températures du tube, on opère avec des pressions plus basses dans la réserve, les pressions dans le tube sont plus faibles au cours du remplissage et l'on augmente les chances d'inflammation à basse pression. La pression dans la réserve étant de nouveau la pression atmosphérique, si le tube est à des températures inférieures à 480°, le gaz s'échauffe moins pendant le remplissage et l'on diminue les chances d'inflammation à basse pression.

Des vérifications analogues seraient intéressantes pour les mélanges à base d'oxyde de carbone et de méthane; peut-être le retard à l'inflammation permet-il dans ce cas des mesures correctes à la pression atmosphérique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur deux associations iode-pyridine-eau.* Note de M. **M. Chatelet**, présentée par M. G. Urbain.

Les solutions pyridiques d'iode qui, comme je l'ai déjà montré [1], laissent cristalliser par évaporation la combinaison $I^2(C^6H^5N)^2$ donnent avec l'eau des précipités jaunes orangés qui, examinés au microscope, ne présentent pas d'aspect cristallin net et sont sans influence sur la lumière polarisée. Si l'on cherche à isoler par filtration la phase solide, l'expérience montre qu'il est impossible de priver le précipité de ses « eaux mères » sans qu'il subisse un début de décomposition caractérisé par l'apparition en différents points de la couleur noire de l'iode libre. Dans ces conditions, pour déterminer la composition de la phase solide, il m'a fallu recourir à la méthode des restes. La détermination de la composition des différentes prises d'essai a été faite en dosant l'iode et la pyridine. On obtient alors l'eau par différence. La marche expérimentale était la suivante : dans un vase à bouchon rodé on pèse une solution concentrée d'iodure de potassium dans l'eau, puis on ajoute la prise d'essai qui s'y dissout intégralement assez vite. On pèse, puis on étend à volume connu. Sur la moitié, on fait le dosage de l'iode après addition d'acide acétique [1]. Dans l'autre moitié, on dose gravimétriquement la pyridine de la façon suivante : après destruction de l'iode libre par la quantité juste suffisante d'hyposulfite de sodium, on rend la liqueur acide à l'aide d'une solution diluée d'acide chlorhydrique. On ajoute alors une solution concentrée de sel de Reineke $[Cr(SCN)^4(NH^3)^2](NH^4)$. La combinaison $[Cr(SCN)^4(NH^3)^2](C^6H^5N)$ précipite. Elle est insoluble

[1] *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1421.

dans l'eau pure, ou acidulée, mais soluble dans l'alcool et les solutions aqueuses à réaction alcaline. Dans ce dernier cas, la dissolution n'est d'ailleurs que le résultat d'une réaction :

Sel de pyridine + base = Sel de la base + pyridine,

ce qui explique la nécessité de faire la précipitation en milieu acide.

Le précipité est filtré sur du verre poreux taré lavé à l'eau légèrement chlorhydrique, séché à l'étuve à 50° et pesé. La précision est excellente. Les résultats de l'étude du système iode-pyridine-eau sont les suivants :

1° *Précipitation en présence de grande quantité d'eau.* — A une assez grande quantité d'eau, 150 à 200^{cm^3} maintenue à 18° et agitée, on ajoute de 10 à 30^{cm^3} de solution d'iode dans la pyridine (100 à 200^g d'iode au litre). Pour chacune des expériences de cette catégorie les points expérimentaux obtenus se placent sur des droites qui se coupent en un point correspondant au corps

$I^2(C^6H^5N), 6H^2O$; Iode : 56 %; Pyridine : 17,5 %.

2° *Précipitation en présence d'assez peu d'eau.* — A la solution d'iode dans la pyridine (100 à 200^g d'iode au litre) on ajoute une quantité d'eau allant de quelques centimètres cubes à une vingtaine pour 50^{cm^3} de solution pyridique. Les droites obtenues dans ces expériences ont un point de concours correspondant à la composition

$I^2(C^6H^5N)^4, 24H^2O$; Iode : 23,5 %; Pyridine : 29 %.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'anhydride acétique sur l'amidon en présence d'acide sulfurique ou d'acide phosphorique.* Note de M. **R. Sutra**, présentée par M. G. Urbain.

Des expériences récentes de Haworth et ses collaborateurs [1] sur les acétates d'amidon, d'amylose, d'amylopectine ont permis de montrer que l'amylose et l'amylopectine possèdent le même arrangement moléculaire, les mêmes propriétés chimiques et ne diffèrent entre elles que par leur texture.

Katz et Itallie [2] concluent également à l'identité des deux produits par l'étude des spectres de diffraction des rayons X.

---

[1] Haworth, Hirst et Webb, *Journ. Chem. Soc. Lond.*, 1928, p. 2681; Hirst, Plant et Wilkinson, *Journ. Chem. Soc. Lond.*, 1932, p. 2375; Haworth et Hirst, *Transactions of the Faraday Society*, 39, 1933, p. 14.

[2] Katz et Itallie, *Zeit. phys. Chem.*, 155, 1931, p. 199.

L'amylose et l'amylopectine sont d'après Pringsheim de constitution différente : l'acétolyse de l'amylose conduit à un hexacétate de dihexosane et celle de l'amylopectine à un nonacétate de trihexosane ([1]), les pouvoirs rotatoires de ces dérivés sont respectivement

$$[\alpha]_D = +151°,6 \quad \text{et} \quad [\alpha]_D = +151°,3$$

dans le chloroforme ([2]). Pratiquée sur l'amidon, mélange d'amylose et d'amylopectine d'après l'hypothèse de Maquenne et Roux, la même opération doit donner un acétate dont le pouvoir rotatoire doit être environ $[\alpha]_D = +151°$ dans le chloroforme et dont l'indice d'iode doit être nul.

J'ai montré dans une précédente Communication ([3]) que l'acétolyse de l'amidon pour une concentration déterminée d'acide sulfurique dans l'anhydride acétique fournit un acétate ayant un indice d'iode correspondant à un octacétate de biose. Ce résultat est en désaccord avec ceux obtenus par Pringsheim et Wolfsohn (*loc. cit.*) aussi j'ai répété l'acétolyse de l'amidon en employant les concentrations indiquées par ces auteurs soit pour 10^g d'amidon de maïs, 60^{cm^3} d'anhydride acétique et 2^{cm^3} d'acide sulfurique.

En chauffant lentement et progressivement le mélange, l'amidon se dissout en donnant une coloration brune, la dissolution est complète à 100°. L'acétate est précipité dans l'eau glacée, lavé à l'eau et séché sous le vide en présence d'acide sulfurique. Son pouvoir rotatoire est $[\alpha]_{578}^{22} = +155°$ (moyenne de trois opérations) dans le chloroforme, valeur comparable à celles de Pringsheim et Leibowitz.

L'acétate possède un faible indice d'iode; une partie (environ 40 p. 100) est soluble dans l'alcool méthylique, l'autre pratiquement insoluble. L'acétate insoluble dans l'alcool méthylique a un indice d'iode nul et un pouvoir rotatoire $[\alpha]_{578}^{22} = +171°$ (moyenne de trois opérations) dans le chloroforme.

Il y a donc eu dégradation et hydrolyse partielle de l'amidon; les produits décrits par Pringsheim sont des mélanges d'acétates de dextrines : les unes à pouvoir réducteur, les autres sans pouvoir réducteur.

Remarquons que le pouvoir rotatoire de l'acétate à indice d'iode nul $[\alpha]_{578}^{22} = +171°$ est le même aux erreurs d'expériences près que celui des acétates d'amidon, d'amylose et d'amylopectine obtenus de différentes

---

(1) Pringsheim et Wolfsohn, *Ber. d. chem. Ges.*, 57, 1924, p. 1471.

(2) Pringsheim et Leibowitz, *Ber. d. chem. Ges.*, 58, 1925, p. 2808.

(3) Sutra, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1079.

manières; ce résultat expérimental s'explique par le principe de la superposition optique de Van't Hoff : tous ces acétates ont en effet les mêmes carbones asymétriques et le même arrangement moléculaire.

Les acétates d'amidon ont été obtenus par l'action sur l'amidon d'anhydrique acétique en présence de catalyseurs (anhydride sulfureux, chlorure de zinc, acétate de sodium, pyridine, etc.). En remplaçant l'acide sulfurique utilisé dans les expériences précédentes par l'acide phosphorique j'ai obtenu un acétate d'amidon préparé en chauffant à l'ébullition l'amidon de maïs (10^{g}) dans une solution d'anhydride acétique (60^{cm^3}) contenant de l'acide orthophosphorique $D = 1,71$ ($0^{cm^3},5$).

En augmentant la quantité d'acide phosphorique les résultats obtenus sont comparables à ceux décrits précédemment pour l'acétolyse en employant les proportions de Pringsheim et Wolfsohn.

L'acide phosphorique peut donc être utilisé comme catalyseur pour la formation d'acétates ou comme agent de dégradation dans l'étude des polyholosides.

Le glycogène conduit à des résultats identiques à ceux de l'amidon par acétolyse ménagée, c'est-à-dire formation d'acétates à faible indice d'iode et d'acétate à indice d'iode nul insoluble dans l'alcool méthylique.

L'acétate de glycogène peut être obtenu en utilisant l'acide phosphorique comme catalyseur; son pouvoir rotatoire est $[\alpha]_{578}^{22} = +171°,0$ ou $[\alpha]_{546}^{22} = +194°,9$ dans le chloroforme et $[\alpha]_{578}^{22} = +166°,2$ dans la pyridine. Les valeurs indiquées dans la littérature sont $[\alpha]_D = +163°,9$ dans le chloroforme ([1]) et $[\alpha]_D^{21} = +160°,4$ dans la pyridine ([2]).

Notons que Haworth, Hirst et Webb (*loc. cit.*) donnent pour l'acétate d'amidon $[\alpha]_{546}^{20} = +197°$ et Irvine ([1]) la valeur $[\alpha]_D = +165°,9$ pour l'acétate d'amidon de maïs.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude de la constitution de l'amidon. Sur une nouvelle méthode d'acétylation.* Note de MM. **W. S. Reich** et **A. F. Damanski**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Dans une Note précédente ([3]), nous avons exposé les résultats de l'acétylation de l'amidon, obtenue suivant une méthode douce élaborée par l'un

([1]) Voir Walton, *A Comprehensive Survey of Starch*, New-York, 1928, p. 23.
([2]) W. S. Reich, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1029.
([3]) *C. R. Soc. Biol.*, 113, n° 17, 1933, p. 23.

de nous [1]. Toutes les méthodes employées jusqu'ici par de nombreux chercheurs ont abouti à un triacétate d'amidon, d'où l'on pouvait conclure qu'il y avait dans chaque molécule de glucose constituant l'amidon trois groupements oxhydriles libres. Notre méthode a abouti, en partant de l'*amidon naturel* à un diacétate presque pur et pour l'*amylose* à un triacétate. Étant données les conséquences que ces résultats entraînent en ce qui concerne la constitution de l'amidon et de ses dérivés, nous avons élaboré une nouvelle méthode d'acétylation de l'amidon (méthode d'ailleurs applicable à d'autres polyholosides).

En faisant agir du chlorure d'acétyle sur de la pyridine, exempte d'eau, on obtient un produit d'addition qui a la propriété, dans certaines conditions, d'échanger le groupement acétyle contre un hydrogène du groupement oxhydrile des polyholosides. Nous avons isolé ce produit d'addition à l'état cristallisé, et la composition a été déterminée par l'analyse élémentaire [2]. L'acétylation est représentée par le schéma ci-dessous :

$$C_5H_5N(Cl)(OC.CH^3) + HO.R \rightarrow R.O.OC.CH^3 + C_5H_5N(Cl)(H)$$

Les conditions dans lesquelles elle se réalise sont les suivantes : on refroidit, à $-20°$, 100^{cm^3} de pyridine pure anhydre, à laquelle on ajoute 8^{cm^3} de chlorure d'acétyle également refroidi à $-20°$. Le mélange est laissé pendant 30 minutes à la même température. On ajoute ensuite 3^g d'amidon (desséché préalablement, dans un appareil spécial, à 80°, à la pression de 1^{mm}, sur P^2O^5) et on laisse en contact pendant une heure à $-20°$, puis pendant une heure encore à la température ordinaire. On chauffe ensuite lentement jusqu'à 70 à 80° en agitant fréquemment. Les courbes suivantes montrent la marche de l'acétylation. Les rendements sont de 95-100 pour 100 de la théorie.

On peut déduire des résultats de ce travail, ainsi que du précédent [3], que, dans la fécule de pomme de terre, il se trouve à côté de la matière amylacée fondamentale une petite quantité d'amylose qui provient pro-

---

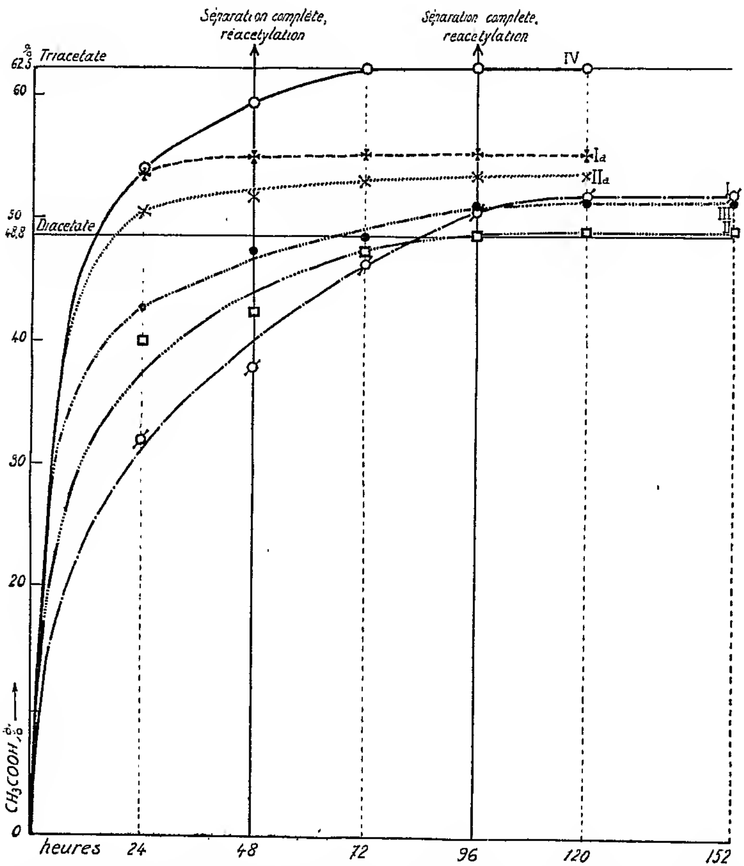
(1) W. S. Reich, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1029.

(2) Les détails paraîtront dans un autre Recueil.

(3) *Loc. cit.*

bablement de la transformation d'une petite quantité de la matière fondamentale au cours de la fabrication de la fécule.

Les courbes I, I*a*, II, II*a* mettent nettement en évidence la transformation de la fécule (I) et de l'« amylopectine » (II) en amylose, déjà après



I. Fécule de pomme de terre (Groult). — II. « Amylopectine » (préparée d'après Samec). — I$_a$. Fécule de pomme de terre, chauffée dans l'eau pendant 30 minutes à 90°. — II$_a$. « Amylopectine » (préparée d'après Samec) chauffée dans l'eau pendant 30 minutes à 90°. — III. « Amylopectine » (préparée d'après Ling-Nanyi). — IV. Amylose (préparée d'après Samec).

30 minutes de chauffage dans l'eau à 90°, avec un rendement assez important (31 à 36 pour 100).

La séparation du diacétate de triacétate est faite à l'aide de l'insolubilité du diacétate dans le chloroforme.

Les résultats de ces expériences nous font considérer :

1° L'*amylopectine* comme identique à la matière fondamentale du grain d'amidon ;

2° L'*amylose* comme résultant de la transformation de la matière fondamentale par libération d'un groupement oxhydrile, soit par destruction d'une liaison entre les molécules de glucose constituant la matière fondamentale, soit par changement stéréochimique d'un groupement oxhydrile, ce qui rendrait possible son estérification.

La saponification par une méthode également très douce du *diacétate* aboutit à un produit qui se comporte comme la matière fondamentale, tandis que, par la saponification du *triacétate*, on obtient de l'*amylose*.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Oxydation des carbures acétyléniques bisubstitués par l'oxyde de sélénium*, SeO^2. Note de M. **R. Truchet**, présentée par M. Matignon.

J'ai montré dans une récente Communication [1] que l'oxyde SeO^2 oxydait les carbures acétyléniques vrais de la forme $R-CH^2-C\equiv C-H$ avec production d'alcools acétyléniques, $R-CHOH-C\equiv C-H$.

Poursuivant ces recherches, j'ai étudié l'action de ce même oxydant sur les carbures acétyléniques bisubstitués, et, pour faciliter l'étude des produits de la réaction, j'ai utilisé les carbures dérivés du phénylacétylène, ayant par conséquent pour formule $C^6H^5-C\equiv C-R$: Le groupement $C^6H^5-C\equiv C$ n'est pas attaqué dans les conditions de l'expérience, seul le groupement R subit l'action de l'oxyde de sélénium.

Les résultats sont très différents suivant que le radical R est un groupe méthyle, ou, au contraire, un groupement comportant un $-CH^2$ au voisinage immédiat de la triple liaison. Dans le premier cas, une solution alcoolique d'oxyde SeO^2(1^{mol}) contenant le carbure (phénylpropine β: $C^6H^5-C\equiv C-CH^3$ 2^{mol}) reste limpide même après 10 heures d'ébullition. Le liquide obtenu traité par une solution étendue de soude donne un abondant précipité de sélénium, et après extraction à l'éther, on isole, à côté d'une certaine quantité de carbure inaltéré (50 pour 100), une faible portion (10 à 12 pour 100) de propiophénone $C^6H^5-CO-CH^2-CH^3$ caractérisée par ses constantes physiques et le point de fusion de sa semicarbazone.

Il n'y a donc pas eu oxydation, mais addition de l'oxyde sélénieux sur la

(1) Truchet, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 706.

triple liaison, avec formation d'un complexe stable en milieu acide ou neutre qui se décompose en milieu alcalin avec hydratation de la molécule acétylénique.

Dans le cas de carbures présentant un CH^2 au voisinage de la triple liaison, comme l'éthylphénylacétylène, $C^6H^5-C\equiv C-CH^2-CH^3$, l'oxydation est au contraire rapide : en 10 minutes d'ébullition la solution alcoolique se trouble par précipitation de sélénium et au bout de 3 heures le précipité atteint plusieurs grammes (en opérant sur 1/4 molécule d'acétylénique). Après les traitements ordinaires, on isole, à côté de 40 à 45 pour 100 de carbure inaltéré, l'alcool acétylénique

$$C^6H^5-C\equiv C-CHOH-CH^3$$

(25 pour 100 du rendement théorique), déjà obtenu par d'autrss auteurs [1]. $Eb_{17}=132\text{-}133°$; $D_{17}=1,019$; $n^D_{17}=1,562$. Cet alcool décolore immédiatement le brome, réagit lentement sur les sels de mercure [2] et donne une acétine ($Eb_{19}=141\text{-}143°$; $D_{17}=1,038$; $n^D_{17}=1,538$) par le chlorure d'acétyle et la potasse.

Donc l'action est totalement différente selon que le groupement fixé à la triple liaison est $-CH^3$ ou $-CH^2-R$.

Dans le premier cas, il n'y a pas oxydation, mais hydratation par suite d'une réaction secondaire. Dans le second, il y a oxydation en alcool $-CHOH-R$.

Cette différence chimique entre les carbures β et leurs homologues γ, δ, ... s'ajoute aux différences physiques déjà signalées : points d'ébullition [3], indice, densité, spectre Raman [4].

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèses asymétriques par hydrogénation au noir de platine.* Note de M. **G. Vavon** et Mlle **Boleslawa Jakubowicz**, présentée par M. Delépine.

Quand on fait la synthèse d'une substance susceptible de présenter le pouvoir rotatoire, et que l'on part de corps inactifs, il se forme autant de

---

(1) Moureu et Desmots, *Bul. Soc. chim.*, 27, 1902, p. 371; Moureu, *Bul. Soc. chim.*, 33, 1905, p. 155.

(2) Brachin, *Bul. Soc. chim.*, 35, 1906, p. 1169.

(3) Bourguel, *Bul. Soc. chim.*, 41, 1927, p. 1477.

(4) V. Grédy, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1119.

molécules droites que de molécules gauches. La substance est inactive. Pour qu'elle soit active, pour qu'il y ait synthèse asymétrique, il est nécessaire de faire appel à une cause dissymétrique. Cette cause peut avoir une origine physique (superposition d'un champ magnétique et d'un champ électrique, lumière polarisée circulairement) ou chimique : une substance active influence la synthèse *sans participer à la composition du produit final de la réaction.*

La lumière polarisée circulairement employée d'abord par A. Cotton ([1]), puis par divers auteurs, vient de donner des résultats positifs à W. Kuhn ([2]), dans la décomposition partielle de l'α-bromo-propionate d'éthyle et de la diméthyl-α-azido-propionamide racémiques, les pouvoirs rotatoires obtenus étant de l'ordre de 0°,05 et 1 degré.

La première synthèse asymétrique due à une cause chimique a été réalisée par Marckwald ([3]), qui obtint l'acide méthyléthylacétique actif par décomposition de l'acide méthyléthylmalonique en présence de brucine. Depuis, d'autres synthèses asymétriques du même genre ont été faites, en particulier par Mc. Kenzie par action des magnésiens sur des acides cétoniques éthérifiés par des alcools actifs.

Nous avons pensé que l'hydrogénation au noir de platine permettrait de telles synthèses : c'est en effet une réaction sensible à l'influence directrice des partie dissymétriques de la molécule mise en œuvre, comme le montre la formation privilégiée d'isomère *cis* dans l'hydrogénation de certaines cétones cycliques et terpéniques.

Nous sommes partis de l'acide β-méthylcinnamique : on l'éthérifie par un alcool actif, on hydrogène la double liaison au platine, on saponifie l'éther-sel saturé par la soude, et l'on s'épare l'alcool du sel de soude par extractions répétées à l'éther.

C'est donc la réaction

$$C^6H^5-\overset{\overset{CH^3}{/}}{C}=CH-CO^2H+H^2, \qquad C^6H^5-\overset{\overset{CH^3}{/}}{CH}-CH^2-CO^2H,$$

que l'on effectue par le détour suivant, l'alcool actif ROH introduit au début,

---

([1]) A. Cotton, *Journal de Chimie physique*, 7, 1909, p. 81.

([2]) W. Kuhn et Knopf, *Zeits. physikal. Chemie* (B), 7, 1930, p. 292.

([3]) Marckwald, *Berichte der deutschen Gesellschaft*, 37, 1904, p. 349.

se retrouvant en fin de réaction

$$C^6H^5-\overset{\overset{CH^3}{/}}{C}=CH-CO^2H+ROH, \qquad C^6H^5-\overset{\overset{CH^3}{/}}{C}=CH-CO^2R+H^2O,$$

$$C^6H^5-\overset{\overset{CH^3}{/}}{C}=CH-CO^2R+H^2, \qquad C^6H^5-\overset{\overset{CH^3}{/}}{CH}-CH^2-CO^2R,$$

$$C^6H^5-\overset{\overset{CH^3}{/}}{CH}-CH^2-CO^2R+H^2O, \qquad C^6H^5-\overset{\overset{CH^3}{/}}{CH}-CH^2-CO^2H+ROH.$$

Trois couples d'alcools actifs présentant l'isomérie cis-trans ont été employés : menthol et néomenthol, carvomenthols *cis* et *trans*, β et ε cholestanols.

Le tableau ci-dessous, qui résume nos résultats, donne le pouvoir rotatoire, pour la raie jaune du mercure, de l'alcool, du méthylcinnamate (chloroforme $C=5$ pour 100) et de l'acide β-phénylbutyrique obtenu (benzène $C=4$ à 5 pour 100).

	Alcool.	Éther.	Acide.
Menthol	$-46°,6$	$-69°$	$+12°$
Néomenthol	$+20,8$	-	$-4,9$
Carvomenthol *cis*	$-42,2$	$-19,3$	$-3,2$
Carvomenthol *trans*	$+23,9$	$+31,1$	$-1,8$
β cholestanol	$+22$	$+21$	-3
ε cholestanol	$+25$	-	$-2,3$

Une synthèse asymétrique a donc été réalisée dans les six cas étudiés, le pouvoir rotatoire obtenu variant de 1°,8 à 12°, alors que celui de l'acide gauche pur est, selon Rupe (¹), de $[\alpha]_D = -57°,23$ (benzène $c = 9,81$ pour 100).

Aucune relation n'apparaît entre le sens ou le taux de la synthèse asymétrique, et le signe ou la valeur du pouvoir rotatoire de l'alcool directeur ou de son éther. On ne peut davantage prévoir le sens de la synthèse d'après la structure du carbone asymétrique de la fonction alcool : ceci exigerait des signes opposés pour les acides obtenus à partir des deux alcools d'un même couple, ce qui n'a pas lieu pour les deux derniers couples. Peut-être faut-il chercher le mécanisme de la synthèse asymétrique dans un encombrement inégal, apporté par la molécule d'alcool, de part et

(¹) Rupe, *Liebig's Annalen*, 369, 1909, p. 325.

d'autre de la double liaison, la rupture d'une valence donnant le corps droit, la rupture de l'autre le corps gauche. Nos expériences sont encore trop peu nombreuses et trop peu variées pour être utilement discutées à ce point de vue.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelles méthodes de préparation des acides diarylacétiques et de leurs dérivés.* Note de M. **J. Hoch**, présentée par M. Delépine.

Afin d'obtenir le phénylmalate de méthyle, j'ai expérimenté la méthode proposée par Rassow et Bauer [1], lesquels obtinrent l'αα'-diméthylmalate d'éthyle, en condensant l'α-bromisobutyrate d'éthyle avec l'éther oxalique en présence de zinc.

Pour cela j'ai substitué à l'éther α-bromisobutyrique le phénylbromacétate de méthyle et j'ai constaté, que dans ce cas la réaction était tout à fait différente.

Dans la réaction de Rassow et Bauer, il se forme tout d'abord l'éther α-oxalylisobutyrique, qui par la suite se trouve réduit. Or, j'ai constaté que, quand on utilise le phénylbromacétate de méthyle c'est ce dernier produit seul, qui subit la réduction.

En effet, cette réaction ne m'a fourni que du phénylacétate de méthyle (40 pour 100), du phénylmalonate de méthyle, et deux isomères diphénylsuccinates de méthyle (P. F. 224° et 168°).

La présence du phénylacétate de méthyle pouvait aisément s'expliquer par la formation d'un dérivé organozincique $C^6H^5.CHZnBr.COOCH^3$ lequel traité par l'eau aurait conduit au phénylacétate de méthyle.

Afin de contrôler cette hypothèse, j'ai fait agir du zinc (1^{atm},5) sur le phénylbromacétate de méthyle (1^{mol}) en milieu benzénique (6^{mol}).

Cette réaction m'a fourni : 1° du phénylacétate de méthyle (35 à 40 pour 100); 2° du diphénylacétate de méthyle (35 pour 100), et 3° un peu de diphénylsuccinate de méthyle (P. F. 224°).

L'hypothèse de la formation d'un organozincique pouvait expliquer ces résultats, mais les faits suivants l'infirment nettement : 1° le produit de la réaction précédente, qui devait contenir de l'organozincique, ne décolore

(1) Rassow et Bauer, *Ber. d. chem. Ges.*, 41, 1908, p. 963.

pas l'iode; 2° à l'hydrolyse il ne se produit aucune élévation de température 3° avec le chlorure d'acétyle je n'ai observé aucune réaction.

L'action du zinc sur le phénylbromacétate de méthyle en milieu benzénique peut s'expliquer de la façon suivante :

$$(1) \qquad 2C^6H^5.CHBr.COOCH^3 + Zn = Br^2Zn + \begin{array}{l} C^6H^5.CH.COOCH^3, \\ \quad\quad\;\; | \\ C^6H^5.CH.COOCH^3, \end{array}$$

$$(2) \qquad C^6H^5.CHBrCOOCH^3 + C^6H^6 + Br^2Zn = (C^6H^5)^2:CH.COOCH^3 + BrH,$$

$$(3) \qquad 2BrH + Zn = H^2 + Br^2Zn,$$

$$(4) \qquad C^6H^5.CHBr.COOCH^3 + H^2 = C^6H^5.CH^2.COOCH^3 + BrH.$$

Cette réaction m'ayant fourni du diphénylacétate de méthyle, substance assez difficile à préparer par les méthodes actuelles (et cette difficulté augmente encore quand on veut préparer les homologues), il était intéressant d'essayer la généralisation de cette réaction et d'étudier les conditions dans lesquelles on doit se placer pour obtenir de bons rendements.

J'ai observé que : 1° la quantité de Zn mise en œuvre joue un rôle important en ce qui concerne les rendements respectifs en éther diarylacétique et phénylacétate de méthyle. Plus la proportion de Zn diminue, plus le rendement en diarylacétate augmente au détriment du phénylacétate de méthyle. J'ai reconnu, que la condition optima pour obtenir le meilleur rendement en éther diarylacétique était la suivante : phénylbromacétate de méthyle, 1^{mol}; Zn, $0^{at},7$; carbure, 5 à 6^{mol}.

2° La réaction semble être générale. J'ai obtenu dans les conditions ci-dessus : en milieu benzénique, 40 pour 100 de rendement en diphénylacétate de méthyle et 25 pour 100 en phénylacétate de méthyle. Il se fait, avec les mêmes rendements, le paratolylphénylacétate de méthyle et anisylphénylacétate de méthyle, en opérant en présence de toluène ou d'anisol. Dans tous les cas, il se forme un peu de diphénylsuccinate de méthyle.

3° Une élévation de température favorise la vitesse avec laquelle s'effectue la réaction.

Bien que les rendements ne soient pas très élevés, cette méthode peut rendre de bons services pour préparer les acides diarylacétiques contenant des fonctions éther-oxydes de phénols.

J'ai ensuite effectué la réaction en remplaçant le zinc par Cl^3Al et j'ai constaté que la formation des éthers phénylarylacétiques se faisait avec des rendements beaucoup plus élevés.

J'ai condensé le phénylbromacétate de méthyle (1^{mol}) avec le benzène,

toluène, *p*-xylène, anisol et naphtalène (6^{mol} dans les deux premiers cas et $1^{mol},5$ et 5 fois son poids en sulfure de carbone, dans les autres cas) en présence de Cl^3Al ($1^{mol},25$). J'ai obtenu ainsi le diphénylacétate de méthyle avec 80 pour 100, le *p*-tolylphénylacétate de méthyle avec 85 pour 100, le 2.6-diméthylphénylphénylacétate de méthyle avec 71 pour 100, l'anisylphénylacétate de méthyle avec 60 pour 100 et un mélange de 1 et 2 naphtylphénylacétate de méthyle avec 70 pour 100 de rendement.

C'est donc une excellente méthode de préparation des éthers diarylacétiques.

J'ajouterai que cette réaction se fait aussi avec Cl^2Zn, mais les rendements sont faibles (20 pour 100).

L'inconvénient de cette méthode est que parmi les éthers arylbromacétiques, seuls les phénylbromacétates sont facilement accessibles et qu'ils sont doués d'un très fort pouvoir lacrymogène.

Pour remédier à ces inconvénients, j'ai mis au point une troisième méthode de préparation des acides diarylacétiques. Cette méthode consiste à bromer les arylacétonitriles (produits facilement accessibles) et condenser les nitriles bromés bruts avec un carbure aromatique en présence de chlorure d'aluminium.

J'ai obtenu ainsi en partant du cyanure de benzyle le diphénylacétonitrile avec 69 pour 100 de rendement.

En résumé, j'ai montré que les éthers $\genfrac{}{}{0pt}{}{C^6H^5}{Aryl}\!\!>\!CH.COOCH^3$ se préparent avec d'excellents rendements en condensant le phénylbromacétate de méthyle avec un carbure aromatique en présence de Cl^3Al.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un exemple d'empêchement stérique dans la série des acidylcyclopentanones.* Note de Mlle **S. Grateau**, présentée par M. Delépine.

Nous avons exposé dans une précédente Note (¹) une méthode simple pour la préparation d'éthers δ cétoniques de formule générale

$$Ar-CO-(CH^2)^4-COO-C^2H^5;$$

(¹) *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 947.

la cyclisation de ces éthers en α-acidylcyclopentanones s'obtient aisément avec un très bon rendement.

Il nous a semblé intéressant d'étudier comparativement l'activité réactionnelle que possèdent, vis-à-vis des dérivés organo-magnésiens, les deux groupements carbonyles contenus dans ces acidyl-cyclopentanones.

On sait que les cyclopentanones simples (¹) traitées par les dérivés organo-magnésiens donnent exclusivement des alcoyl-1-cyclopentanols-1. Nous avons soumis à la condensation avec le bromure d'éthyl-magnésium la paratoluylcyclopentanone formée, à l'exclusion de tout autre isomère, par l'action du chlorure-éther adipique sur le toluène et la xyloylcyclopentanone obtenue par l'action du même chlorure sur le paraxylène.

En ce qui concerne la toluyl-cyclopentanone, nous avons constaté que les deux carbonyles qu'elle contient se conduisent de la même façon avec le bromure d'éthyl-magnésium mais un seul des deux carbonyles de la molécule réagit à la fois. Il se forme donc une seule fonction alcool tertiaire qui se déshydrate complètement au cours de la réaction.

Finalement le produit de la condensation est composé en quantités à peu près équivalentes de deux isomères bouillant au même point, c'est-à-dire à 175° sous 20^{mm} :

$$\begin{array}{l} \quad\;\; CO \\ CH^2 \diagup \quad \diagdown C = C - C^6H^4.CH^3 \\ \;| \qquad\quad\;\; | \qquad | \\ CH^2 - CH^2 \;\; C^2H^5 \end{array} \quad (I).$$

$$\begin{array}{l} \qquad\quad C - C^2H^5 \\ CH^2 \diagup \;\; \diagdown\!\!\diagdown C.CO.C^6H^4.CH^3 \\ \;| \qquad\qquad | \\ CH^2 - CH^2 \end{array} \quad (II).$$

Le premier de ces corps est peu stable, s'hydrate partiellement au cours de la réaction en méthyl-propiophénone et cyclopentanone qu'on isole comme têtes de distillation. L'oxydation permanganique nous a permis d'établir la constitution du mélange d'isomères obtenu dans la condensation.

L'oxydation de l'isomère I donne en effet naissance à la méthyl-propiophénone et à la cyclopentanedione qui est oxydée par le permanganate en acide glutarique.

L'isomère II, traité par le permanganate, fournit un mélange d'acide téréphtalique et d'acide paratoluique et, d'autre part, de l'acide γ-propionyl-butyrique.

(¹) ZELINSKY et collaborateurs, *Journ. Soc. phys. chim. Russe*, 37, 1907, p. 625; TSCHITSCHIBADIN, *Journ. Soc. phys. chim. Russe*, 45, 1913, p. 184; CHAVANNE et BECKER, *Bull. Soc. Chim. Belge*, 36, 1927, p. 591.

Avec la para-xyloyl-cyclopentanone et le bromure d'éthyl-magnésium, on constate que le carbonyle voisin du noyau xylénique a perdu toute activité vis-à-vis du réactif de Grignard qui se fixe uniquement sur le carbonyle du noyau cyclopentanique. Là encore, il y a formation d'une fonction alcool tertiaire qui se déshydrate complètement au cours de la réaction. Finalement, nous avons trouvé presque exclusivement la cétone éthylénique suivante de point d'ébullition : 174° sous 15^{mm}.

```
          C—CH³
CH ⁄          ⁀ C—CO—C—CH²
|               |       ||       >CH²
CH ⁀          ⁄ CH      C—CH²
          C—CH³         |
                        C²H⁵
```

Cette cétone ne nous a fourni aucun dérivé solide caractéristique et l'inertie du carbonyle voisin du noyau xylénique se retrouve encore ici.

Cette inertie surprenante doit être évidemment attribuée à un empêchement stérique produit par le groupe CH^3 du noyau xylénique qui se trouve en ortho vis-à-vis du carbonyle.

Ici encore, c'est l'oxydation permanganique qui nous a permis de fixer la constitution du produit de la condensation magnésienne. Nous avons, en effet, identifié facilement l'acide méthyl-isophtalique à l'acide paraxyloïque ainsi que l'acide γ-propionylbutyrique accompagné d'acide xyloyl-formique.

L'unique produit neutre obtenu par oxydation est très vraisemblablement la tricétone

```
          C—CH³
CH ⁄          ⁀ C—CO—CO—(CH²)³—CO—C²H⁵
|               |
CH ⁀          ⁄ CH
          C—CH³
```

qui, traitée par la semicarbazide, donne un mélange de tri et disemicarbazones.

En résumé, tandis que les deux carbonyles de la toluylcyclopentanone possèdent la même aptitude réactionnelle vis-à-vis du bromure d'éthyl-magnésium, on observe dans la paraxyloylcyclopentanone une inertie complète du carbonyle voisin du noyau xylénique. Cette inertie doit être attribuée à un empêchement stérique dû à l'existence d'un radical méthyle en ortho par rapport à ce groupement carbonyle.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation de l'oxyde de mésityle par la méthode de Bodroux et Taboury.* Note de M. **René Jacquemain**, présentée par M. Delépine.

L'oxyde de mésityle est généralement préparé dans les laboratoires soit par la méthode de Locquin ([1]), soit par celle de Bodroux et Taboury ([2]).

La première consiste à former l'aldol de Heintz par condensation de 2^{mol} d'acétone sous l'influence de la soude, puis à déshydrater cet aldol par l'acide oxalique. Cette méthode offre l'avantage de donner un produit pur avec un bon rendement, mais elle est un peu lente.

La méthode de Bodroux et Taboury est basée sur la déshydratation directe de l'acétone par le carbure de calcium. Ce mode de préparation est rapide, mais le produit de réaction est complexe et peut être divisé par fractionnement en :

Acétone récupérée (Éb. 55-60°)	40 %
Produits de tête (Éb. 60-126°)	14 »
Oxyde de mésityle brut (Éb. 126-132°)	18 »
Produits de queue (Éb. > 132°)	16 »

Ayant préparé, par ce dernier procédé, une quinzaine de kilogrammes d'oxyde de mésityle, j'ai profité de ce que j'avais à ma disposition une grande quantité de produits de tête et de queue pour en déterminer la composition.

L'étude de ces produits est assez délicate car, en rectifiant même avec une colonne Robert, la température de distillation croît régulièrement, et l'on doit suivre les variations de l'indice de réfraction du distillat, pour situer approximativement l'emplacement des paliers.

Produits de tête (Éb. 760^{mm}, 60-126°). — Neuf kilogrammes ont été plusieurs fois rectifiés à la colonne Robert. L'eau a été séparée par décantation des fractions distillant vers 100°. Finalement on peut admettre que la composition des produits de tête est la suivante :

Acétone	59,1 %	Oxyde de mésityle	39,5 %
Eau	2,7 %	Produits de queue, Éb. > 132°	6,5 %

([1]) Locquin, *Ann. de Chim.*, 9e série, 19, 1923, p. 32.

([2]) Bodroux et Taboury, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 3, 1908, p. 829.

Produits de queue (Éb. 760^{mm}, $>132^{o}$). — Quatre kilogrammes furent rectifiés par chauffage au bain d'huile sous un vide de 20^{mm} à l'aide d'une colonne Vigreux de 60^{cm} de pointes.

Fraction I...... Éb. $< 80^{o}$ Fraction II..... Éb. $> 80^{o}$

Fraction I. — Sept rectifications successives m'ont permis de séparer : oxyde de mésityle (Éb$_{20}$, 37°-39°), 0^{kg},600, 15 pour 100; produit A (Éb$_{20}$, 69°,5-71°), 1^{kg},200, 30 pour 100.

Fraction II. — Cette fraction doit être rectifiée sous 6^{mm}. Après 15 rectifications on sépare : produit B (Éb$_{6}$, 78°,5-83°), 0^{kg},120; produit C (Éb$_{6}$, 104°-106°), 0^{kg},100.

Identification des produits A, B, C. — A. Liquide mobile, légèrement verdâtre, odeur peu agréable. Possède une fonction cétone. — Constantes physiques : Éb$_{760}$, 164°; Éb$_{20}$, 69°,5-71°; $d_0 = 0,9560$. — Analyse : trouvé P. M., 114-115; C °/$_0$, 61,88; H °/$_0$, 10,38; O °/$_0$, 27,74; $n_D^9 = 1,4300$. Calculé pour $C^6H^{12}O^2$: P.M., 116; C °/$_0$, 62,06; H °/$_0$, 10,34; O °/$_0$, 27,58.

Il s'agit donc du diacétone-alcool ou aldol de Heintz :

$$(CH^3)^2 : C(OH).CH^2.CO.CH^3.$$

Constantes physiques : Éb$_{760}$ = 163°,5 [1]; $d = 0,955$. Oxime de A après recristallisation dans un mélange de ligroïne et d'éther (F. 57°,5-58°,5), ce qui correspond au point de fusion de l'oxime du diacétone-alcool, suivant Kohn et Lindauer [2].

B. Liquide jaune, odeur camphrée, possède une fonction cétone.

Constantes physiques : Éb$_6$ = 80°,5; $n_D^{9,5} = 1,4830$; P. M. = 140-142. Semicarbazone brute (F. 199°), purifiée jusqu'à point de fusion constant (dix cristallisations dans l'alcool), se présente sous forme de belles paillettes nacrées peu solubles dans l'eau, solubles dans l'alcool chaud (F. 206°). L'analyse permet de lui attribuer la formule $C^{10}H^{21}N^3O$, soit pour la cétone $C^9H^{18}O$.

C. Liquide jaune, huileux, odeur forte plutôt agréable, possède une fonction cétone.

Constantes physiques : Éb$_6$ = 104-106°; $n_D^{11,5} = 1,5225$; P.M. = 176-178. Semicarbazone brute (F. 150°), purifiée jusqu'à point de fusion constant (quinze cristallisations dans l'alcool), se présente sous forme d'une poudre

(1) HEINTZ, *Ann. der Chem.*, 178, 1875, p. 342.
(2) KOHN et LINDAUER, *Monat. für Chem.*, 23, 1902, p. 754.

cristalline jaune clair, peu soluble dans l'eau, soluble dans l'alcool chaud. L'analyse permet de lui attribuer la formule $C^{13}H^{21}N^{3}O$, soit pour la cétone $C^{12}H^{18}O$.

Je n'ai pu trouver dans la littérature chimique de cétones répondant exactement aux produits B et C et je poursuis actuellement mes recherches pour essayer de déterminer leurs formules développées. Le produit C semble appartenir à la série des isoxylitones de Knœvenagel [1], et il est à noter que Bodroux semble l'avoir déjà obtenu [2] sans l'identifier.

En résumé, la méthode de Bodroux et Taboury permet d'obtenir, à côté de l'oxyde de mésityle, de notables quantités de diacétone-alcool (5 pour 100 de l'acétone traitée) et deux cétones $C^{9}H^{18}O$ et $C^{12}H^{18}O$.

GÉOLOGIE. — *La série schisto-quartzo-calcaire dans le nord-est de Madagascar.* Note [3] de M. **André Lenoble**.

Des itinéraires effectués dans les districts d'Antalaha et de Maorantsetra, région forestière du nord-est de Madagascar, m'ont permis de rencontrer des affleurements de la série schisto-quartzo-calcaire qui n'y avait pas été signalée jusqu'ici; elle avait été reconnue plus au nord aux sources de la Bemarivo, par Perrier de la Bâthie avec sa constitution normale : schistes, cipolins, quartzites. Dans les districts d'Antalaha et de Maroantsetra la série n'a pu jusqu'ici être observée complète et l'on trouve, assez éloignés les uns des autres, des lambeaux de la formation de base schisto-calcaire et de la formation supérieure quartzitique.

Dans le district de Maroantsetra, je rapporte à la série schisto-quartzo-calcaire des affleurements discontinus et restreints de cipolins formant les sommets de la région de Sahantaha; le pendage est en moyenne de 20° vers le Nord-Nord-Ouest offrant une discordance nette avec les gneiss et leptynites (pendage Nord-Ouest de 35°). Plus à l'Ouest, le massif de l'Anjiabe et toutes les crêtes qui l'environnent sont formés de quartzites vitreux très désagrégés où quelques bancs plus résistants m'ont permis de relever de fortes anomalies dans le pendage qui, d'Est en Ouest, est d'abord Ouest puis Nord-Est, Sud-Est, Sud, Est, Nord-Nord-Est. Ces variations décèlent des plissements dont l'état avancé de désagrégation des quartzites

---

(1) Knœvenagel, *Ber. deutsch. chem. Ges.*, 39, 1906, p. 3451.
(2) Bodroux, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 5, 1909, p. 952.
(3) Séance du 15 mai 1933.

et l'impossibilité de suivre les affleurements dans des régions forestières désertiques ne me permettent pas de donner une interprétation exacte des mouvements tectoniques. La formation de base paraît ou ne pas exister ou être cachée sous l'amoncellement des sables provenant des quartzites.

Dans le district d'Antalaha, la série est représentée surtout par des quartzites formant des massifs importants que recoupent les rivières Lokoho, Ankavanana et Ankavia : ce sont des quartzites vitreux, des quartzites à sillimanite, ceux-ci étant les plus fréquents; sur les bords de l'Ankavanana ils surmontent une formation micaschisteuse que je n'ai pu identifier avec la formation de base de la série. Plus à l'Ouest (l'Ouest d'Andapa), les quartzites forment les hauteurs bordant la route d'Antsakabary et se rattachent sans doute aux quartzites de l'Anjiabe.

Il faut rapporter à la série les lambeaux de quartzites des bords de la Sahefia (Haut Ankavia) et les quartzites à géodes de quartz des bords de l'Andrarona et de la Marambo, de même tous les lambeaux schisteux de la presqu'île Masoala, même ceux de l'Andrarona qui ne semblent pas sans rapport avec les quartzites à géodes de quartz des bords de l'Andrarona; le caractère peu métamorphique de certains schistes n'est pas un obstacle à leur rattachement à la série schisto-quartzo-calcaire, puisque des types semblables existent dans la série du centre de Madagascar; ces schistes peu métamorphiques ne forment d'ailleurs qu'une faible partie du bassin de l'Andrarona. Les schistes micacés et chloritoschistes sont beaucoup plus fréquents. La continuité ne paraît pas douteuse entre certains de ces affleurements (quartzites de l'Andrarona, de la Marambo et des bords de la Sahefia), mais les itinéraires parcourus ne permettent pas de le certifier. Dans le district d'Antalaha, la série est affectée, du moins dans la partie au nord de l'Ankavia, de deux mouvements tectoniques :

1° Mouvement anticlinal de grande amplitude qui affecte aussi la série gneissique : la série schisto-quartzo-calcaire repose sur le flanc Est de cet anticlinal, avec quelques flexures et dont je n'ai pas reconnu vers l'Ouest l'axe que je suppose se trouver vers Amparihy, Nord-Est d'Antsakabary.

2° Plissements nombreux de l'ordre de ceux reconnus à l'Anjiabe, de faible amplitude, qui ont donné à la série son extension.

La série schisto-quartzo-calcaire est discordante sur les gneiss : dans le mouvement anticlinal la série gneissique a une direction moyenne NNE avec un pendage moyen de 40°, la série schisto-quartzo-calcaire une direction ENE avec des pendages variables, dus aux plissements qui lui sont propres.

Dans la presqu'île Masoala, qui ne présente pas de série paragneissique, il est très difficile de distinguer ce qui revient à la tectonique d'intrusion, due surtout à des granites, et à la tectonique générale plus récente; la superposition de ces deux tectoniques a donné des mouvements très différents d'un affleurement à l'autre et ne permet pas d'en donner une interprétation générale.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la répartition verticale de la température de l'air dans les deux premiers mètres au-dessus du sol.* Note de M. **P. Seltzer**, présentée par M. Ch. Maurain.

Les moyens habituels (thermomètre abrité, fronde ou à aspiration) ne permettent pas d'explorer les couches d'air voisines du sol pendant la présence du Soleil au-dessus de l'horizon. Par un dispositif spécial, qui sera décrit ailleurs, j'ai pu mesurer ces températures, et étudier notamment la *transition d'un type de la répartition verticale à l'autre :* augmentation ou diminution de la température en fonction de la hauteur au-dessus du sol.

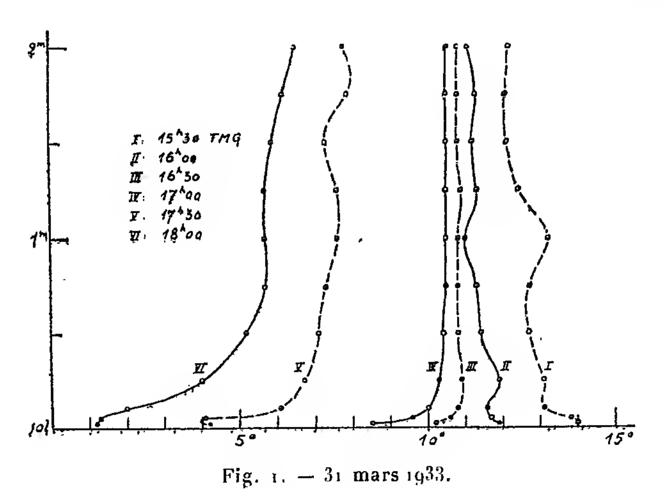


Fig. 1. — 31 mars 1933.

La transition du soir se produit lorsque la chaleur rayonnée par la surface du sol devient supérieure à celle qu'elle reçoit (chaleur solaire, rayonnement diffus du ciel, courant thermique du sol). Ceci a lieu en général notablement avant le coucher du Soleil, par temps clair, et d'autant plus tôt que l'air est plus calme. En effet, cette condition permet l'accumulation d'air froid immédiatement au-dessus du sol. Ainsi, dans des conditions identiques de nébulosité (2 à 5), l'inversion du sol a débuté le 29 mars 1933 plus de 3 heures avant le coucher du Soleil, par vent moyen de 1,5 m/s,

mais seulement 1 heure et demie avant le coucher du Soleil ($17^h,54$ T. M. G.) le 31 mars, par vent supérieur à 2,5 m/s (*fig.* 1).

Par ciel couvert, la quantité de chaleur reçue par la surface du sol est

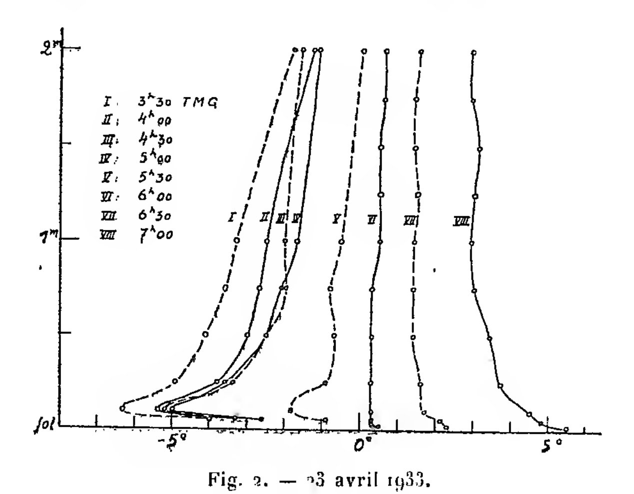


Fig. 2. — 23 avril 1933.

notablement diminuée, et l'inversion s'établit d'autant plus tôt; lorsque le Soleil brille par intermittences, on observe, avant l'établissement définitif de l'inversion, alternativement les deux types de la répartition verticale.

D'une façon analogue, le passage inverse n'a lieu le matin qu'un certain

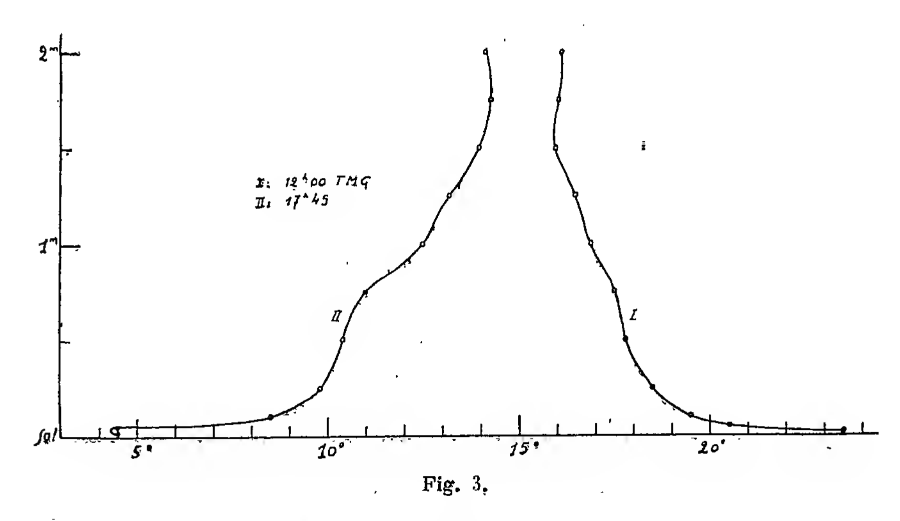


Fig. 3.

temps après le lever du Soleil. Le 23 avril 1933 (*fig.* 2), le Soleil s'est levé à 4^h30^m, mais l'inversion n'a disparu qu'après 6^h.

La pellicule d'air chaud recouvrant le sol pendant la nuit (*fig.* 3) est due

à la présence d'une couche d'herbe dont les brins avaient une hauteur moyenne d'environ 10^{cm}, tout en protégeant la surface du sol contre le rayonnement nocturne, ils se refroidissent eux-mêmes fortement et déterminent le minimum de l'inversion.

Les plus grandes différences de température au voisinage du sol, positive et négative, ont été mesurées le même jour (28 mars 1933), par ciel clair et vent d'entre Nord et Nord-Est de 2 à 4 m/s, sur pré : à 12^h, la décroissance était de $7°,5$ entre 2^{cm} et $1^m,50$ au-dessus du sol; à 17^h45^m, l'inversion était de $9°,8$ entre 2^{cm} et 2^m au-dessus du sol.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'évolution nucléaire chez* Pericystis alvei *Betts*. Note de M. **Bogdan Varitchak**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Pericystis alvei est un Champignon qui vit en saprophyte sur les grains du pollen qui se trouve dans les rayons du miel; il a été découvert par Mlle A. B. Betts [1].

Le genre *Pericystis* possède seulement jusqu'ici deux espèces : *Pericystis apis* Maassen et *Pericystis alvei* Betts. Nous avons déjà étudié et décrit l'évolution nucléaire chez la première de ces deux espèces [2] et aujourd'hui nous venons exposer brièvement les résultats que nous avons obtenus en étudiant la seconde.

Pericystis alvei est une espèce hétérothallique qui possède des gamétanges qui ressemblent dans une certaine mesure à ceux que l'on trouve chez *Pericystis apis*. Nous reviendrons plus tard sur la formation, la morphologie et la structure des organes initiaux de *Pericystis alvei*, mais nous pouvons dire déjà maintenant qu'il possède des gamétanges polyénergides. Au cours de l'évolution ultérieure le gamétange femelle se transforme en un oogone, tandis que le gamétange mâle forme un tube fécondateur qui pénètre plus tard dans l'oogone où il déverse finalement son contenu. Un certain nombre des noyaux mâles et des noyaux femelles se fusionnent deux par deux en donnant les noyaux doubles. Autour de ces noyaux doubles ainsi formés s'individualisent les œufs qui germent immédiatement après leur formation en sporanges, tandis que les gamètes inutilisées dégénèrent et forment l'épiplasme. La première mitose du noyau double doit être considérée comme

(1) *Ann. Botany*, 26, N. C. III, 1912, p. 795.
(2) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 300.

réductionnelle et à la suite d'un certain nombre de divisions qui sont accompagnées par une sorte de clivage du plasma se forment les spores qui sont déterminées au point de vue sexuel. Ces spores ne forment pas des agglomérations comme c'est le cas chez *Pericystis apis*.

Au point de vue théorique nous pouvons dire qu'on peut considérer ces œufs qui germent en sporange comme les asques. Par conséquent nous avons ici plusieurs asques réunis sous une membrane comme c'est le cas aussi chez *Pericystis apis* et c'est pour cela qu'on peut considérer le sac sporifère du *Pericystis alvei* aussi comme un *synascus*.

Finalement nous mentionnons que, avant la formation des sacs sporifères, on peut observer chez ce Champignon des phénomènes analogues à ceux décrits par R. Vandendries et H. J. Brodie chez *Lenzites betulina* (¹). Nous allons prochainement rendre compte de nos observations concernant ces phénomènes.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le mécanisme du forçage des végétaux par les vapeurs d'éther comporte-t-il une déshydratation des tissus?* Note de M. **R. Quetel**, présentée par M. Molliard.

J'ai décrit (²) la technique du forçage et son retentissement sur le métabolisme azoté des plantes traitées. La présente Note fait connaître les résultats d'expériences entreprises en vue de rechercher si, comme certains le supposent, les vapeurs d'éther agissent en déshydratant les tissus.

Pour le lilas, la teneur en eau des rameaux et des bourgeons a été déterminée au cours du forçage, après dessiccation des organes à l'étuve à 95°. Dans le tableau suivant, cette teneur est rapportée à 100 de matière fraîche.

	Lilas soumis au forçage.		Lilas cultivés en plein air.	
Date.	Rameaux.	Bourgeons.	Rameaux.	Bourgeons.
9 octobre.......	46,31	55,31	-	-
16 »	43,98	45,48	49,08	57,42
23 »	49,47	56,40	-	-
30 »	51,54	57,74	49,88	57,61
6 novembre.....	47,04	51,69	-	-
13 -	47,01	53,04	48,86	56,48

(¹) René Vandendries et Harold J. Brodie, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 721-723.
(²) R. Quetel, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1243.

Date.	Lilas soumis au forçage. Rameaux.	Lilas soumis au forçage. Bourgeons.	Lilas cultivés en plein air. Rameaux.	Lilas cultivés en plein air. Bourgeons.
Éthérisation.				
16 novembre.....	48,47	55,50	–	–
18 »	51,75	58,48	–	–
20 »	51,06	72,79	–	–
Éclosion des bourgeons.				
24 novembre.....	51,75	79,43	50,18	57,36

Ces chiffres montrent que, pendant le séjour à l'abri qui suit l'arrachage (du 9 octobre au 13 novembre), les tissus analysés conservent sensiblement la même teneur en eau que les tissus correspondants des témoins aux mêmes dates. Cette teneur ne varie pas au cours de l'éthérisation. Les bourgeons ne s'hydratent considérablement qu'au moment de leur éclosion.

Les techniciens du forçage croient généralement que l'arrachage et le séjour à l'abri amènent une déssiccation partielle des végétaux traités, et que les propriétés déshydratantes de l'éther, en exagérant cette dessiccation, amorcent l'entrée en vie active. Constatons qu'il n'en est rien, au moins pour les tissus soumis à l'analyse.

D'autres essais effectués au laboratoire sur des rameaux détachés dont la section était paraffinée, ont confirmé ces premières données. Après l'éthérisation, les organes accusent une teneur en eau voisine de celle des témoins, sans que l'excès ou le déficit observés dépassent l'amplitude des variations individuelles.

Des résultats identiques ont été obtenus avec des bourgeons de Muguet éthérisés au laboratoire dans les mêmes conditions que le Lilas :

Date.	Teneur en eau des bourgeons de Muguet. Avant éther.	Après éther.	Gain ou perte en eau.
5 novembre............	32,18	32,84	+0,66
13 novembre............	61,06	58,64	−2,42
19 novembre............	49,35	50,15	+0,80

Des graines de Pois ayant subi une éthérisation de 65 heures (durée qui a entravé la croissance ultérieure des plantules) accusent un excès d'eau de 1,8 pour 100. Le pouvoir déshydratant des vapeurs d'éther, aux doses de forçage, ne paraît donc pas réel.

R. Dubois [1], puis L. Guignard [2] ont noté, sans fournir de données

[1] R. Dubois, *Leçons de physiologie générale et comparée*, p. 244. Paris, 1898.

[2] L. Guignard, *Comptes rendus*, 149, 1909, p. 91.

numériques, la déshydratation, par la vapeur d'éther, de fruits charnus ou de plantes succulentes. J'ai éthérisé des oranges dans les conditions ordinaires du forçage; les variations du poids de leur substance fraîche ont été les suivantes :

Durée de séjour sous une cloche.	Variations du poids (rapporté à 100) après éther.	sans éther (témoin).
I. 3 heures	+0,05	−0,03
I. 24 »	+0,50	−0,34
II. 36 »	−0,32	−0,30

Donc, à la dose de $0^g,4$ par litre d'air, l'éther n'amène aucune diminution de poids chez les fruits traités. Notons même un léger accroissement pondéral dont la cause reste à déterminer.

Contrairement à ce qui est admis, il faut donc chercher les causes de l'action des vapeurs d'éther ailleurs que dans l'affinité que présentent ces vapeurs pour l'eau, et dans une déshydratation des tissus. Ces faits avaient déjà été soupçonnés par E. Griffon à la suite d'expériences que la mort l'empêcha d'achever.

A 15^h55^m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Mécanique, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *A. Mesnager* :

En première ligne............. M. **Louis de Broglie.**

En seconde ligne, ex æquo par ordre alphabétique................ MM. **Eugène Bertrand de Fontviolant, Prosper Charbonnier, Alfred Liénard, Ernest Vessiot.**

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 16^h45^m.

E. P.

ERRATA.

—

(Séance du 23 janvier 1933.)

Note de M. *S. Goldsztaub*, Structure cristalline du ferrite de sodium :

Page 281, ligne 11, *au lieu de* $\alpha = 35^\circ 20'$, *lire* $\alpha = 31^\circ 20'$; ligne 18, *au lieu de* le groupe de symétrie $D^5 R\bar{3}m$, *lire* le groupe de symétrie est $D^5_{3d} R\bar{3}m$.

(Séance du 1er mai 1933.)

Note de M. *Philippe Hagene*, Caractères du terreau des saules têtards :

Page 1333, ligne 24, *au lieu de* présentent (1) des caractères particuliers, *lire* présentent des caractères particuliers (2).

Rétablir la note suivante :

(2) Schimper, *Pflanzengeographie*, 1998, *in* Fliche, *Sur l'épiphytisme du* Polypodium vulgare (*Bull. Soc. bot. Fr.*, 49, 1902).

Décaler les trois dernières notes d'un rang.

(Séance du 15 mai 1933.)

Note de MM. *E. Vellinger* et *G. Radulesco*, Sur la photolyse de l'essence de cracking :

Page 1496, ligne 20, *au lieu de* rayonnement de mercure, *lire* rayonnement de l'arc au mercure; ligne 26, *au lieu de* Dans cette dernière méthode suit, *lire* Dans cette dernière méthode on suit.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 MAI 1933.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES RICHET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de la Pentecôte, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mardi 6 juin au lieu du lundi 5.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **H. F. Osborn**, ancien Président du Muséum d'Histoire naturelle de New-York, Correspondant pour la Section de Minéralogie, et à M. **Francesco Paolo Cantelli**, professeur de l'Université de Rome, Doyen de la Faculté de Statistique, qui assistent à la séance.

M. **Léon Guillet** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de MM. André Nessi et Léon Nisolle : *Résolution pratique des problèmes de discontinuité de fonctionnement dans les installations de chauffage central*, dont il a écrit la *Préface*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un membre de la Section de Mécanique en remplacement de M. *A. Mesnager* décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 45,

M. Louis de Broglie obtient.................. 43 suffrages
M. Ernest Vessiot » .... 2 »

M. **Louis de Broglie**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

COMMISSIONS.

Par l'unanimité des suffrages, MM. **É. Picard**, **J. Perrin**, **A. Cotton**, pour les Sciences mathématiques; MM. **F. Mesnil**, **G. Bertrand**, **Ch. Jacob**, pour les Sciences physiques, sont élus membres de la Commission qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, dressera une liste de candidats à la place d'Associé étranger vacante par le décès de Sir *Ray Lankester*.

CORRESPONDANCE.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur la loi de Bernoulli à deux variables et la corrélation.* Note [1] de M. **Alfred Guldberg**, présentée par M. Émile Borel.

M. Émile Borel a défini [2] le problème général de la statistique mathématique de la manière suivante :

« Déterminer un système de tirages effectués dans des urnes de composition fixe, de telle manière que les résultats d'une série de tirages, interprétés à l'aide de coefficients fixes convenablement choisis, puissent avec une très grande vraisemblance conduire à un tableau identique au tableau des observations. »

Je me permets de faire quelques remarques sur ce problème en donnant les critères qu'une table de corrélation doit remplir pour être représentée par la loi de Bernoulli à deux variables, la loi qui comme cas spécial contient la loi de Laplace-Gauss, dite la loi de corrélation normale et la loi de Poisson à deux variables.

---

[1] Séance du 22 mai 1933.

[2] *Éléments de la théorie des probabilités*, p. 167, Paris 1910.

La loi de Bernoulli à deux variables

$$f(x, y) = \frac{k!}{x!\,y!\,(k-x-y)!} p^x q^y (1-p-q)^{k-x-y}$$

est la probabilité pour que l'événement E avec la probabilité p se présente x fois, l'événement F avec la probabilité q se présente y fois en k épreuves, l'un des événements E. F. T, non (E. F.) doit nécessairement se présenter à chaque épreuve.

La fonction $f(x, y)$ satisfait à l'équation aux différences finies :

$$f(x+1, y+1) = \frac{pq}{(1-p-q)^2} \frac{(k-x-y)(k-x-y-1)}{(x+1)(y+1)} f(x, y).$$

Les moments de $f(x, y)$ d'ordre f et g, d'ordre total $f+g$

$$m_{f|g} = \mathrm{E}x^f y^g = \Sigma\Sigma x_i^f y_i^g f(x_i, y_i)$$

se trouvent facilement [1] en introduisant la fonction caractéristique

$$\varphi(u, v) = \mathrm{E}\, e^{ux+vy} = \Sigma\Sigma f(x, y)\, e^{ux+vy},$$

d'où

$$m_{f|g} = \frac{\partial^{f+g}}{\partial u^f\, \partial v^g}[\varphi(u, v)] \qquad (u=0,\ v=0),$$

En ce cas

$$\varphi(u, v) = \sum\sum \frac{k!}{x!\,y!\,(k-x-y)!} (p\,e^u)^x (q\,e^v)^y r^{k-x-y}$$

ou

$$\varphi(x, y) = (p\,e^u + q\,e^v + r)^k \qquad (r = 1-p-q);$$

donc

$$m_{1|0} = kp, \qquad m_{0|1} = kq, \qquad m_{1|1} = k(k-1)pq, \qquad \ldots.$$

En déterminant les constantes de notre loi p, q, k par $m_{1|0}$, $m_{0|1}$ et $m_{1|1}$, cette équation aux différences finies s'écrit

$$\frac{[m_{0|1} m_{0|1} - \Delta m_{0|1} - \Delta m_{1|0}]^2}{m_{1|0}\, m_{0|1}} (x+1)(y+1) \frac{f(x+1, y+1)}{f(x, y)} + [2 m_{1|0} m_{0|1} - \Delta]\,\Delta(x+y) - \Delta^2(x+y)^2 = m_{1|0} m_{0|1} m_{1|1}$$
$$(\Delta = m_{1|0} m_{0|1} - m_{1|1}).$$

En désignant le premier membre de l'équation aux différences finies par $\psi(x, y)$, on voit que $\alpha(x, y) \equiv \psi(x, y) / m_{1|0} m_{0|1} m_{1|1}$ est égal à 1 pour toutes les valeurs de x et y.

Les critères caractéristiques d'une série à double entrée étant représentés

---

(1) RISSER et TRAYNARD, *Les principes de la statistique mathématique*, p. 212.

par une loi de Bernoulli à deux variables, sont donc : Une série à double entrée, soit $H(x, y \mid x, y)$. Nous formons pour cette série l'expression $\psi(x, y)$ et ses moments $m_{1|0}$, $m_{0|1}$, $m_{1|1}$. Les coefficients $\alpha(x, y)$, pour toutes les valeurs de x, y, étant sensiblement égaux à 1, cette série se présente approximativement comme pour la loi de Bernoulli.

Comme la loi de probabilité est déterminée par la donnée de ses moments, on obtient aussi des critères que doivent remplir les moments d'une série à double entrée pour être représentés par la loi de Bernoulli à deux variables, en éliminant les constantes p, q, k entre les moments; les deux premières relations entre les moments sont :

$$m_{2|0}m_{0|1} - m_{1|0}m_{0|1} = m_{1|1}m_{1|0},$$
$$m_{0|2}m_{1|0} - m_{0|1}m_{1|0} = m_{1|1}m_{0|1}.$$

Le coefficient de corrélation $\rho_{1|1}$ est

$$\rho_{1|1} = \frac{m_{1|1} - m_{1|0}m_{0|1}}{\sqrt{m_{2|0} - m_{1|0}^2}\sqrt{m_{0|2} - m_{0|1}^2}}.$$

Introduisons les valeurs des moments par les constantes p, q, k, on a

$$\rho_{1|1} = -\sqrt{\frac{pq}{(1-p)(1-q)}}.$$

On obtient ainsi la même valeur de $\rho_{1|1}$ comme pour la loi de probabilité approximative ([1]) quand $k \to \infty$.

Les remarques faites s'appliquent à toute loi de probabilité à deux variables définie par une équation aux différences finies, par exemple la loi de Poisson, la loi hypergéométrique, la loi de Pascal à deux variables.

On voit facilement que l'équation aux différences finies est un moyen d'obtenir des formules récurrentes pour les moments complets et incomplets.

La modification des critères, en introduisant les semi-invariants à deux variables, est immédiate. Les semi-invariants sont définis par l'identité formelle

$$e^{\frac{1}{1}[\lambda_{1|0}u + \lambda_{0|1}v] + \frac{1}{1.2}[\lambda_{2|0}u^2 + 2\lambda_{1|1}uv + \lambda_{0|2}v^2] + \ldots} = \Sigma\Sigma f(x, y)e^{xu+yv}.$$

Dans le cas de la loi de Bernoulli, on a

$$\lambda_{1|0} = kp = m_{1|0}, \qquad \lambda_{0|1} = kq = m_{0|1}, \qquad \lambda_{1|1} = m_{1|1} - m_{0|1}m_{1|0} = -kpq, \qquad \ldots.$$

([1]) Voir Charlier, *Svenska Aktuarieföreningens Tidsskrift*, 1914, p. 34.

GÉOMÉTRIE ALGÉBRIQUE. — *Sur quelques propriétés des variétés algébriques.* Note de M. **P. Dubreil**.

1. V étant une variété algébrique, désignons par $\mathfrak{a}_V$ l'idéal homogène engendré par les formes F $(x_0, x_1, \ldots, x_n)$ qui s'annulent sur V. Si V est irréductible, cet idéal est premier : nous le désignerons alors par $\mathfrak{p}_V$.

Si l'on considère deux variétés irréductibles V_1, V_2 et leur intersection W, l'idéal $(\mathfrak{p}_{V_1}, \mathfrak{p}_{V_2})$ n'est pas égal en général à l'idéal $\mathfrak{a}_W$: l'exemple classique qui permet de s'en convaincre est celui de la section d'une quartique gauche de seconde espèce par un plan. Cette circonstance a été, je crois, signalée pour la première fois par M. F. Severi [1] qui y voit avec raison une difficulté notable s'opposant à l'application des théories algébriques modernes à la géométrie. J'espère cependant montrer dans cette Note que cette difficulté n'est pas insurmontable, mais cache toute une série de propriétés frappantes. Nous devons d'abord en préciser la nature : l'idéal $(\mathfrak{p}_{V_1}, \mathfrak{p}_{V_2})$ (multiple de l'idéal $\mathfrak{a}_W$) n'en contient en général que les formes de degré assez élevé; il en diffère alors par un composant primaire *impropre*, c'est-à-dire relatif à l'idéal $(x_0, x_1, \ldots, x_n)$. La difficulté qui vient d'être rappelée correspond à la présence de ce composant impropre et disparaît avec lui. J'ai donné dans une Note précédente [2] une condition nécessaire et suffisante pour que ce composant n'existe pas.

2. Si nous nous bornons au cas, le plus important pour les applications, d'un idéal de la forme $(\mathfrak{a}_V, F)$, où F est une forme, il faut et il suffit que $\bar{\mathfrak{a}}_V$ n'admette pas lui-même de composant impropre [$\bar{\mathfrak{a}}_V$ est l'idéal engendré par les formes $\Phi(0, x_1, \ldots, x_n)$ déduites des formes $\Phi(x_0, x_1, \ldots, x_n)$ de $\mathfrak{a}_V$, l'hyperplan $x_0 = 0$ étant choisi de manière à ne contenir aucune portion irréductible de V]. *Cette condition ne dépend que de la variété* V : nous dirons que V est une variété de *première espèce* si elle est satisfaite, de *seconde espèce* dans le cas contraire. D'autre part, pour que $(\mathfrak{a}_V, F)$ n'admette pas de composant impropre, il faut et il suffit que toute forme Φ

---

(1) *Rend. Circ. Matem. Palermo*, 28, 1909, p. 38; voir aussi Ostrowski, *Abh. math. Seminar Hamburg*, 1, 1922, p. 316.

(2) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1270. Les théorèmes énoncés se démontrent à partir des propriétés classiques de la fonction de Hilbert. On pourrait aussi les rattacher à un théorème de Lasker, *Zur Theorie der Moduln und Idealen* (*Math. Ann.*, 60, p. 56, Satz VIII).

s'annulant sur l'intersection de V et de l'hypersurface F satisfasse à l'identité

$$(1) \qquad \Phi \doteq AF + P \quad \text{où} \quad P \subset \mathfrak{a}_V,$$

ce qui exprime la validité du théorème de Nœther pour l'intersection d'une variété quelconque et d'une hypersurface. Nous voyons ainsi que *cette extension du théorème de Nœther est valable si la variété* V *est de première espèce, et seulement dans ce cas; si elle est valable pour l'intersection de* V *et d'une hypersurface particulière* F_0, *il en est de même pour l'intersection de* V *et d'une hypersurface quelconque* F (ne contenant aucune partie irréductible de V).

Dans le cas où V est une courbe gauche *irréductible* (dans l'espace ordinaire), ces résultats doivent être comparés à ceux donnés par M. Légaut dans le dernier chapitre de sa Thèse ([1]). M. Légaut définit, par une série de propriétés géométriques, une catégorie de courbes qu'il appelle congrues au plan. Il montre (p. 109) que le théorème de Nœther est valable pour l'intersection d'une courbe congrue à un plan et d'une surface quelconque (condition de validité *seulement suffisante*) — d'où résulte que toute courbe congrue à un plan est de première espèce. Les courbes non congrues à un plan peuvent faire l'objet d'une étude analogue, à la condition, toujours réalisable, de remplacer le plan par une surface de degré assez élevé : M. Légaut termine cette étude en énonçant sans démonstration comme probablement exacte la proposition suivante, dans laquelle semble résider l'intérêt de la notion de courbe congrue à une surface : Si une courbe C est congrue à une surface F_x (de degré x), toute surface Φ_l passant par l'intersection de C avec F_x recoupe C suivant son intersection avec une F_{l-x} (p. 110). Or cette proposition est erronée puisqu'il en résulterait, d'après ce que nous venons de voir, que toute courbe serait de première espèce.

3. Pour faire mieux voir l'intérêt qui s'attache à la distinction des deux espèces de variétés algébriques, je signalerai encore rapidement quelques propriétés des courbes gauches de première espèce. Si l'on coupe une courbe de première espèce C par un plan Π, toute courbe algébrique du plan Π passant par le système de points section, est la section par Π d'une surface de même degré passant par C; il en résulte que si α est le degré minimum des surfaces passant par C, l'idéal $\mathfrak{p}_C$ admet une base se

([1]) M. Légaut, *Thèses*, Paris 1925.

composant au plus de $\alpha + 1$ formes. On voit immédiatement que les intersections totales sont des courbes de première espèce; que le genre p et le degré n d'une courbe de première espèce, satisfont à l'inégalité $p > n - 4$ (d'où résulte que les seules courbes gauches unicursales de première espèce sont les cubiques gauches).

Enfin la considération des courbes de première espèce permet de simplifier dans un cas bien précis la solution du problème relatif aux intersections totales mixtes ([1]). Soient $F_1 = 0$, $F_2 = 0$, $F_3 = 0$ trois surfaces ayant en commun une courbe irréductible C et un système de points distincts M_1, M_2, ... dont aucun ne se trouve sur C. *La condition nécessaire et suffisante pour que toute forme* F *s'annulant simplement sur* C *et aux points* M *satisfasse à l'identité*

$$F \equiv A_1 F_1 + A_2 F_2 + A_3 F_3$$

est que la courbe C_1 *par exemple, suivant laquelle* F_2 *et* F_3 *se recoupent en dehors de* C, *soit de première espèce*, d'où résulte que deux courbes corésiduelles sont de même espèce, propriété dont la vérification directe est à peu près immédiate.

AÉRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Étude du champ des vitesses autour d'une hélice.* Note ([2]) de M. **Jacques Valensi**, présentée par M. Henri Villat.

Nous nous sommes proposé d'étudier le champ des vitesses relatives par rapport à l'hélice dans ses divers régimes de fonctionnement. Cette étude comprend la détermination en tous points de la zone influencée par l'hélice de la vitesse de l'air en grandeur et direction par rapport à l'hélice considérée comme immobile. La nature périodique de l'écoulement nous permet d'effectuer l'étude à l'aide d'observations stroboscopiques et strobométriques conjuguées :

1° La direction des vitesses relatives en chaque point est déterminée par des filets de fumée que nous éclairons stroboscopiquement à l'aide de l'éclair du *stroborama* synchronisé avec l'hélice. Cet éclairage met en évidence les lignes de courant dans l'écoulement stationnaire constitué par le mouvement relatif de l'air autour de l'hélice.

([1]) Pour la solution générale de ce problème, voir P. Dubreil, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 84.

([2]) Séance du 22 mai 1933.

2° La grandeur des vitesses relatives en chaque point est déterminée à l'aide d'un tube de Pitot orienté suivant les tangentes aux lignes de courant rendues visibles par les filets de fumée, tube de Pitot dont la communication avec le manomètre n'est ouverte que pendant un instant très bref une fois par tour de l'hélice pour telle position des pales que l'on désire.

Nous effectuons nos essais dans la soufflerie (1) réalisée à l'Institut de Mécanique des Fluides de Marseille sur des hélices de diamètre maximum $0^{m},45$ pour des vitesses de rotation allant jusqu'à 45 t/s.

Un arbre coudé entraîne l'hélice; sur la branche verticale de cet arbre est calé l'un des deux pignons d'un engrenage dont l'autre entraîne un synchroniseur tournant à la vitesse de l'hélice. Ce synchroniseur règle :

1° L'éclair du *stroborama;*

2° L'ouverture de deux soupapes électromagnétiques commandant la communication Pitot-manomètre par la décharge d'un condensateur s'effectuant à la fréquence de rotation de l'hélice (2).

La rotation de l'axe du deuxième pignon autour de l'axe du premier produit le décalage des pales par rapport à l'éclair du *Stroborama* et à l'ouverture des soupapes. Le synchroniseur permet en outre de rattraper le décalage dû à la self-induction existant entre l'ouverture maxima des soupapes et l'éclair et de leur assurer une simultanéité permanente.

Nous publions ici une des photographies (3) d'un film, relative à une hélice monopale de $0^{m},45$ de diamètre. Un tube de verre fixe, coudé et profilé, distribue un courant continu d'air chargé de chlorhydrate d'ammoniaque en avant du plan de rotation de l'hélice à une distance de son axe approximativement égale à son rayon. Le film a été pris en déclenchant l'éclair photographique du *Stroborama* à l'instant du passage de la pale dans 24 positions différentes distantes angulairement de 15°. On réalise ainsi une chronophotographie de l'écoulement relatif stationnaire par rapport à l'hélice. Dans la photographie ci-contre l'hélice *sinistrorsum* laisse à 45° derrière elle le distributeur de fumée.

Les noyaux tourbillonnaires obscurs sont les coupes successives du tube

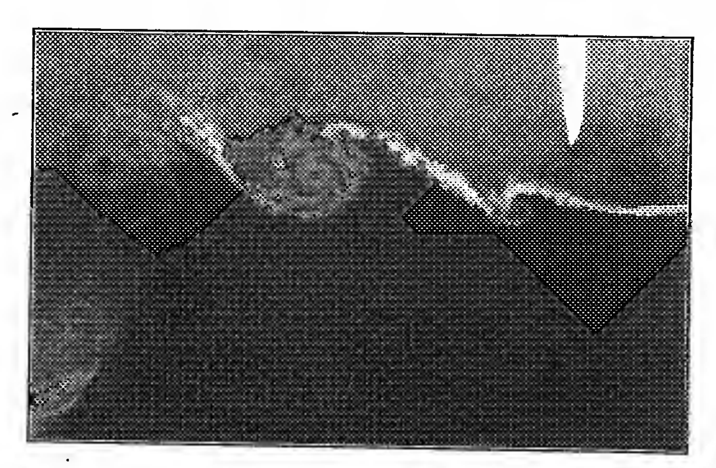
(1) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 28.

(2) La charge de ce condensateur se fait évidemment par ce même synchroniseur.

(3) On pourra rapprocher cette photographie des photographies dans l'eau de M. O. Flamm (*Die Schiffschraube und ihre Wirkung auf das Wasser*, Oldenbourg, Berlin, 1909, Tableau 3 et suivants) et de celles plus récentes de Townend (*British Aeronautical Research Committee* R et M, n° 1434).

tourbillon hélicoïdal marginal qui s'échappe de la pale par le plan vertical passant par l'extrémité du distributeur et l'axe de l'hélice (¹).

La distance des centres des noyaux tourbillonnaires est ainsi égale au pas du tourbillon hélicoïdal. Pour le régime photographié $V = 4$ m/s, $n = 34,5$ t/s, $V/nD = 0,26$, ce pas est égal à 15^{cm}; il est très différent du



pas de l'hélice à l'extrémité de la pale qui est égal à 31^{cm} (pas relatif constant $o = 0,7$).

On voit que la surface sur laquelle le tourbillon s'enroule n'est pas un cylindre mais qu'il y a une contraction derrière l'hélice.

Nous mettons en œuvre actuellement la méthode strobométrique (²) qui va nous permettre en particulier l'étude des phénomènes à l'intérieur des noyaux tourbillonnaires. L'étude a d'autant plus d'intérêt qu'on est en présence, dans le champ relatif, d'un tube tourbillon immobile et parfaitement stable rendu visible sur une longueur de plus de 5^m.

(¹) Le jet de fumée reste en effet localisé dans ce plan, pour un débit de fumée convenable, la diffusion n'ayant lieu très approximativement que dans ce plan.

(²) M. Drzewiecki a employé pour des mesures de vitesses instantanées derrière l'hélice (*Théorie de l'Hélice*, Gauthier-Villars, Paris, 1920, p. 126) un dispositif analogue, en utilisant en place de soupapes un robinet tournant synchrone de l'hélice. Dans ces mesures le Pitot n'était pas orienté et il ne semble pas que le robinet ait été d'un bon fonctionnement.

Rappelons que M. Riabouchinsky a étudié la périodicité des vitesses derrière l'hélice en mesurant les variations de pression totale sur un petit disque (*Bull. Inst. Aérodyn. de Koutchino*, fasc. II, 1909, p. 36).

AÉRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Sur le champ hydrodynamique autour d'une hélice à trois pales.* Note de M. Ch. Chartier, présentée par M. H. Villat.

Pour étudier le champ des vitesses autour d'un modèle d'hélice marine, j'ai utilisé la chronophotographie de particules d'aluminium. Ce procédé ne semble pas avoir été encore mis en œuvre à cette fin, probablement en raison de la difficulté de photographier, à travers une couche d'eau dépassant 25^{cm}, des particules animées de vitesses de 1 à 2^{m} à la seconde. Cette difficulté a été surmontée dans mes expériences en éclairant les particules d'aluminium au moyen d'un arc muni de charbons à oxyde de cérium poussé de façon à obtenir une brillance de 900 bougies par millimètre carré.

Deux méthodes ont été utilisées dans l'exploration du champ des vitesses :

1° Des photographies stéréoscopiques donnant directement le champ des vitesses dans l'espace ;

2° Des photographies des projections des vitesses sur deux séries de plans (les uns tangents à l'axe, les autres situés à 5^{cm} de l'axe de l'hélice), permettant d'obtenir la vitesse en chaque point de l'espace, en composant ses deux projections.

Les premières photographies faites avec une hélice tripale placée dans un courant d'eau de vitesse uniforme, fonctionnant avec un recul de 0,28 un peu supérieur au recul normal pour cette hélice (0,20), ont permis au de constater que :

A l'aval de l'hélice, les trajectoires absolues des particules ont en gros l'allure de spirales coniques à pas très long et à pointe dirigée vers l'aval, les trajectoires les plus voisines de l'axe formant dans le prolongement de celui-ci le tourbillon arrière.

En amont de l'hélice, les trajectoires sont pratiquement parallèles à l'axe jusqu'au voisinage de l'hélice en mouvement, où elles s'inclinent pour former le début des spirales coniques ; les trajectoires relatives des particules par rapport à l'hélice sont évidemment tangentes à cette dernière.

Au droit de l'hélice on aperçoit nettement trois tourbillons. Leur extrémité est placée dans le sillage des bords de chacune des pales.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Influence de la pression d'injection sur le fonctionnement des moteurs Diesel.* Note de M. **R. Retel**, présentée par M. E. Jouguet.

L'expérience montre que, pour un moteur Diesel donné, l'allure du diagramme de fonctionnement dépend essentiellement du temps mis par le combustible à s'enflammer spontanément au contact de l'air comprimé adiabatiquement dans le cylindre et de la quantité de combustible introduite dans le moteur au moment où cette inflammation se produit.

Soient q cette quantité, τ le délai d'inflammation, β l'angle correspondant à ce délai sur le diagramme, ω la vitesse du moteur, Q la masse de combustible d'une injection, T la durée de cette injection et α l'angle correspondant. Convenons enfin de représenter par le symbole K le terme constant de chacune des expressions monomes ci-après.

Nous avons entre q, τ, Q et T la relation $q = \tau\,Q/T$ ou encore

$$q = \frac{\beta}{\alpha} Q. \tag{1}$$

Or les travaux de Riehm ont montré que τ varie proportionnellement au carré du diamètre des gouttes de combustible pulvérisé. Les mesures que j'ai faites montrent par ailleurs que, dans la limite des pressions d'injection admissibles, le diamètre moyen des fines goutelettes qui conditionnent l'inflammation varie très sensiblement en raison inverse de la pression d'injection H, de sorte que l'on a $\tau = KD^2 = K/H^2$, expression qui peut être mise sous la forme

$$\beta = K \frac{\omega}{H^2}. \tag{2}$$

On sait d'autre part que, pour un orifice donné, la quantité Q est liée à la durée et à la pression d'injection par la relation

$$Q = KT\sqrt{H} \qquad \text{ou} \qquad Q\omega = K\alpha\sqrt{H}. \tag{3}$$

Ceci posé, examinons les conditions que doivent remplir β et q pour que le fonctionnement du moteur, une fois réglé, reste satisfaisant à tous les régimes.

Il apparaît logique tout d'abord de chercher à ce que l'angle β reste indépendant de la charge et de la vitesse du moteur, c'est-à-dire qu'il soit constant. Cette condition assurera le même point de départ de la montée en pression pour tous les régimes du moteur si l'instant du début de l'injection est invariable.

Suivant la relation (2), β reste constant lorsque la pression d'injection varie proportionnellement à la racine carrée de la vitesse.

Il est facile de réaliser mécaniquement cette liaison. La quantité q sera égale dans ce cas à $K/\omega^{3/4}$. La pression consécutive à l'inflammation aura donc tendance à diminuer quand la vitesse du moteur augmentera.

D'une manière plus générale, cherchons maintenant à ce que β diminue lorsque la charge et la vitesse du moteur augmentent, condition qui peut s'exprimer par la relation

$$(4) \qquad \beta = \frac{K\omega}{H^2} = \frac{K}{\omega^p Q^r},$$

dans laquelle p et r doivent être $\geqq 0$.

Une réalisation mécanique directe ne pouvant être envisagée *a priori*, écrivons que la relation (2) satisfait à cette condition. Nous obtenons la relation

$$(5) \qquad Q^{p+1-r} H^{\frac{3-p}{2}} = K\alpha^{p+1},$$

expression qui définit la liaison mécanique à réaliser.

Mais la réalisation matérielle d'une relation à trois variables entraîne de très sérieuses difficultés et il n'est possible d'y satisfaire pratiquement que lorsque cette expression se simplifie en se réduisant à une relation entre deux des variables α, Q et H.

Cette simplification s'obtient en exprimant que l'exposant de l'une des variables α, Q ou H est nul.

On obtient ainsi une condition nouvelle qui peut être légitimement posée, car elle n'altère pas le degré de liberté du système.

D'où les trois cas suivants :

1° $p + 1 = 0$. Dans ce cas p étant < 0, β augmenterait avec la vitesse. Cette condition étant contraire au résultat cherché n'est donc pas à retenir;

2° $p = 3$. On en déduit $\alpha = KQ^{\frac{4-r}{4}}$.

Le système est possible, mais il ne peut être pratiquement retenu car, r devant rester $\geqq 0$, l'équation (3) donne pour le cas limite $r = 0$, $\omega = K\sqrt{H}$, ce qui entraînerait pour la pression d'injection des variations d'un ordre de grandeur inadmissible;

3° $p + 1 - r = 0$. Cette condition donne

$$\alpha = KH^m = KH^{\frac{3-p}{2(p+1)}}, \qquad \text{d'où} \qquad p = \frac{3-2m}{2m+1},$$

p devant être $\geqq 0$, m doit être $\leqq 3/2$.

Mais, d'après la relation (3), m doit être aussi grand que possible afin de réduire au minimum l'amplitude des variations de la pression H lorsque Q et ω varient.

La valeur limite $m = 3/2$ donne

$$p = 0, \qquad r = 1, \qquad \beta = \frac{K}{Q}, \qquad q = \frac{K}{(\omega Q)^{\frac{3}{2}}},$$

conditions satisfaisantes pour la marche du moteur.

L'étude précédente montre donc que le facteur essentiel dont dépend l'allure du diagramme d'un moteur Diesel est la pression d'injection.

Si cette pression d'injection est proportionnelle à la racine carrée de la vitesse, l'angle d'inflammation reste constant et la pression consécutive à l'inflammation du mélange combustible tend à décroître lorsque la vitesse augmente.

Si l'angle d'injection est proportionnel à une puissance de la pression inférieure à 3/2, l'angle d'inflammation et la montée en pression consécutive diminuent quand la charge et la vitesse du moteur augmentent.

Les observations précédentes donnent donc la possibilité d'améliorer le fonctionnement des moteurs Diesel en faisant intervenir la pression d'injection dans le réglage du système d'alimentation.

Un dispositif dans lequel l'angle d'injection dépend de la pression a été réalisé et a donné des résultats conformes à la théorie qui vient d'être exposée.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Essais de plusieurs fluides dans les moteurs à injection.* Note de M. Clerget, présentée par M. E. Jouguet.

J'ai tenté depuis longtemps d'améliorer la combustion et d'augmenter la puissance des moteurs par l'emploi simultané, avec le combustible, soit de fluides qui semblent jouer le rôle de catalyseurs d'oxydation, soit de composés endothermiques. J'ai expérimenté l'eau, seule ou contenant en solution des corps susceptibles de fournir de l'oxygène par leur décomposition; des alcools nitrés; des aldéhydes contenant de l'acétylène en solution. J'ai constaté une action certaine sur les imbrûlés habituels des moteurs à huile lourde. Cette action s'est traduite par la disparition, parfois complète, de la fumée à l'échappement, par un fonctionnement sans chocs, par la diminution de la pression maxima et par une augmentation de puissance. J'ai dû abandonner la poursuite de ces travaux en 1901 par suite de différentes

circonstances, en particulier parce que je ne disposais pas d'aciers résistant à l'oxydation et en raison des dangers que présentait, avec certains fluides, l'imperfection de l'injection (¹).

Les perfectionnements apportés depuis cette époque dans les appareils et le moteur, notamment les grandes vitesses de piston et l'emploi des métaux résistant à l'oxydation, permettent de reprendre ces essais. J'ai pu réaliser, au Service des Recherches de l'Aéronautique, un moteur à grande vitesse dont le dispositif d'injection utilise l'injection multiple. Les jets de combustible et de fluide auxiliaire se rencontrent dans la culasse pour favoriser leur action réciproque. Le taux volumétrique de compression est de 15, assurant l'allumage automatique.

J'ai pu essayer comparativement l'injection de gaz-oil seul et l'injection simultanée de gas-oil et d'éthanol à 90°.

Le résulat est le suivant :

Nombre de tours par minute	1900	2000	1960
Puissance effective en chevaux	38,6	38,9	54
Consommations : Gas-oil	199	108,9	132
» Éthanol	0	89,1	98
Consommation totale par cheval-heure	199g	198g	230g
Calories par cheval-heure	2089	1620	1960
Rendement thermique en pour 100	30	39,2	32,4

Le cylindre employé est à quatre temps, avec un alésage de 140mm et une course de 170mm, une cylindrée de 2l,61. Dans ces conditions, il eût développé avec l'essence 50,96 CV, soit 19,6 CV par litre.

Le premier essai, au gas-oil seul, correspond à la puissance normale d'utilisation d'un moteur à huile lourde : 38,6 CV, soit 14,8 CV par litre. L'échappement comporte la fumée due à une combustion incomplète.

Le second essai a été réglé pour développer la même puissance, mais avec une injection d'éthanol suffisante pour assurer une combustion aussi complète que possible. L'échappement est à peine visible.

Le troisième essai a été réglé pour une consommation totale en poids de 230g. Dans ces conditions la puissance a été de 20,7 CV par litre, supérieure à celle que l'on obtient habituellement avec l'essence. L'échappement est légèrement foncé.

(¹) Le compte rendu de ces recherches a été donné dans une Conférence faite à la Société française de Navigation aérienne, le 22 février 1933, et parue dans la *Science aérienne*, **2**, III, 1933, p. 190.

Il résulte de ces essais qu'il est possible, en employant le gas-oil et l'éthanol, d'obtenir, à consommation égale par cheval, une puissance supérieure à celle développée avec l'essence.

Dans les conditions indiquées, le moteur à essence aurait un rendement thermique de 25,1 pour 100. La marche au gas-oil seule donne un rendement de 30 pour 100, mais une puissance plus faible. Avec le gas-oil et l'éthanol, on obtient, si l'on marche à cette puissance relativement réduite, un rendement de 39,2 pour 100; mais on peut marcher à une puissance égale à celle de l'essence en conservant un rendement thermique de 32,4 pour 100.

On peut espérer trouver un fluide fonctionnant comme catalyseur d'oxydation mais présentant une puissance calorifique supérieure à celle de l'éthanol ou les propriétés d'un composé endothermique. L'emploi d'un tel fluide permettrait, avec le moteur à injection à taux de compression élevé, de développer une puissance supérieure à celle que donne l'essence, et cela avec une consommation inférieure.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur des vibrations secondaires des manographes.* Note (¹) de M. **André Fouché**, présentée par M. Henri Villat.

Sur des diagrammes de moteur à explosion relevés avec un manographe à membrane élastique et multiplication optique par miroir (²), qui donne des tracés très fins, j'ai constaté, principalement dans la phase de détente, des oscillations de faible amplitude, correspondant à des variations de pression de quelques centaines de grammes par centimètre carré, d'allure sinusoïdale, en trains entretenus, qui comportent souvent, pour des moteurs lents, une cinquantaine d'oscillations doubles occupant plus de la moitié de la phase de détente.

Le manographe n'ayant pas de vibrations mécaniques propres sensibles, ces oscillations manifestent des variations périodiques réelles de la pression du gaz au contact de la membrane, et j'ai pu vérifier qu'elles correspondent aux vibrations propres du tuyau sonore, fermé à une extrémité, constitué par le canal de communication du manographe et du cylindre.

En relevant les périodes des oscillations successives, au cours de la

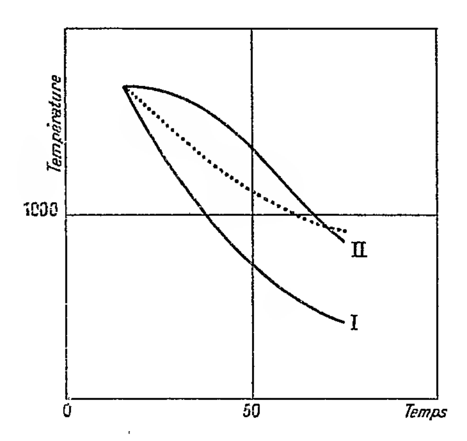
(¹) Séance du 22 mai 1933.

(²) Voir *Science et Industrie*, 17, n° 227, 1932, p. 242.

détente, on constate que la fréquence de cette vibration diminue progressivement, ce qui permet de suivre la variation de température du gaz dans le canal de communication, la température absolue du gaz étant proportionnelle au carré de la fréquence.

Sur un diamgrame, où les oscillations sont particulièrement nettes et regulières, j'ai pu faire des mesures précises qui sont représentées dans le graphique ci-dessous. Le canal de communication avait, pour cet essai, une longueur de 207^{mm} à laquelle correspond, pour l'air à 0°, un son fondamental de 401 vibrations doubles et à la température t un son fondamental $401\sqrt{1+\alpha t}$.

La courbe I du graphique représente le refroidissement du gaz contenu



dans le canal, et défini, en y supposant la température uniforme, par la décroissance de la fréquence des oscillations, les abscisses sont chiffrées en milliémes de seconde à partir du point mort haut d'explosion.

La courbe II représente un refroidissement relatif du gaz contenu dans le cylindre, un calculant ses variatioes par la loi des gaz parfaits, à l'aide des pressions enregistrées, et en prenant arbitrairement pour origine le point de départ de la courbe expérimentale I, à 15 millièmes de seconde après le point mort haut, et 2 millièmes de seconde après le maximum de pression.

Enfin comme élément de camparaison une courbe en pointillé représente le refroidissemeut relatif correspondant suivant l'évolution adiabatique.

Le refroidissement plus rapide ainsi constaté dans le canal de communication s'explique fort bien, notamment par la valeur beaucoup plus élevée du rapport surface : volume, et, en tenant compte du déphasage qui en

résulte nécessairement, on peut constater que la comparaison des pentes des courbes I et II confirme notre hypothèse.

Ces interprétations ont été aussi vérifiées en montant sur le même moteur une membrane manographique en contact immédiat avec les gaz du cylindre, sans aucun étranglement : aucune oscillation n'a plus été enregistrée.

Ces études manifestent la sensibilité et la précision du manographe à membrane élastique et à levier optique. On peut réaliser ainsi des appareils fort simples et fort peu coûteux, très supérieurs comme exactitude aux appareils actuels, que les constructeurs répugnent à utiliser à cause de leur complexité et de leur prix très élevé, et dont les indications sont gravement faussées par l'inertie et surtout la tuyauterie de communication qu'exigent tous ceux dont l'organe sensible ne peut pas être appliqué directement sur le cylindre.

L'appareillage est particulièrement simple si l'on se contente d'enregistrer photographiquement, au moyen d'un spot donné par le miroir sur la fente d'un cylindre enregistreur, le diagramme pression-temps sur lequel on précise le point d'allumage et le point mort haut de façon suffisante, par des singularités de la courbe.

ASTRONOMIE. — *Sur les déplacements apparents de l'étoile polaire.* Note de M. **Jean Xanthakis**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Les observations méridiennes de l'étoile polaire (α *Ursæ Minoris*) montrent qu'il existe une différence systématique entre les azimuts de la ligne des mires déduits des passages inférieur et supérieur de cet astre.

M. E. Esclangon [1] dans une étude approfondie sur cette question conclut que cette différence provient d'une erreur systématique dans l'ascension droite admise pour l'étoile. Cette erreur peut résulter soit d'un déplacement propre de l'astre, soit d'une connaissance imparfaite des constantes de la précession et de la nutation (la nutation notamment).

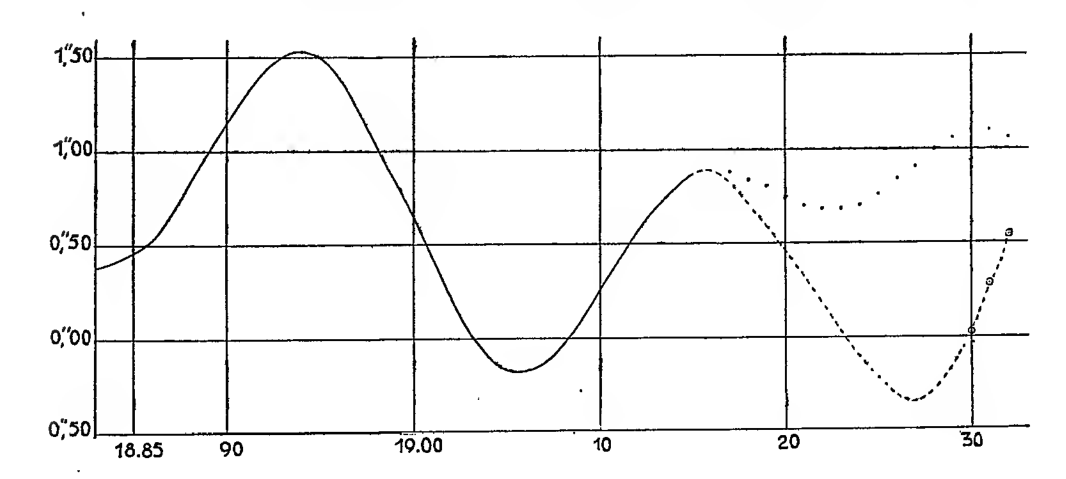
Dès l'année 1930, nous avons commencé au cercle méridien de l'Observatoire de Strasbourg (avec MM. Rougier, Lallemand, Tremblot, Huss, Grouitch et Muller) des observations systématiques de l'étoile polaire, prolongeant, avec une lacune de 1915 à 1930, des séries existantes dans la

(1) *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 857.

période de 1883 à 1915. Pour éliminer les variations diurnes et saisonnières dans les moyennes des différences $A_i - A_s$, nous avons tâché d'obtenir une répartition homogène des couples observés durant chaque année, et nous avons réussi d'une façon satisfaisante pour les années 1931 et 1932. Les valeurs moyennes de $A_i - A_s$ tirées de toutes les observations de chaque année sont les suivantes (¹) :

		Nombre de couples.
1930........................	+0″,011	34
1931........................	+0,277	80
1932........................	+0,543	88

Ces valeurs sont représentées dans la figure ci-dessous par des points



entourés de petits cercles. La courbe en trait plein représente la différence $A_i - A_s$ de 1883 à 1915 (intervalle des observations sur lesquelles M. Esclangon s'est basé). La courbe en pointillé représente le prolongement de la courbe précédente calculé par la formule de M. Esclangon.

On remarque que les valeurs observées de $A_i - A_s$ au cours des années 1930, 1931 et 1932 ne s'accordent pas avec les valeurs calculées. L'allure de la courbe dans l'intervalle intermédiaire (²) (1915-1930) est probablement (d'après les observations récentes) celle que représente la courbe en

(¹) L'effet du déplacement du méridien terrestre lié à la variation des latitudes n'est pas éliminé dans les moyennes ci-dessus de $A_i - A_s$.

(²) On ne dispose pas d'observations entre 1915 et 1930 à l'Observatoire de Strasbourg.

ligne discontinue. De sorte que toute la différence $A_i - A_s$ se présente comme une sinusoïde ayant un axe incliné et une période de 21,5 ans environ. Étant donné que les observations spectroscopiques [1] donnent une période de 29,6 ans pour le mouvement orbital, il en résulte que le déplacement propre de l'étoile ne peut pas expliquer, à lui seul, la marche de la différence $A_i - A_s$. Il faut donc chercher ailleurs une autre cause. Le déplacement du méridien terrestre lié à la variation des latitudes est une source d'erreurs systématiques non négligeables dans l'ascension droite de l'étoile polaire. Mais cette cause est insuffisante pour expliquer la différence entre les deux périodes précédemment signalées. Par conséquent, il doit exister en plus une autre cause qu'on ne peut pas mettre en évidence avec le nombre, encore insuffisant, des observations faites jusqu'à présent.

PHYSIQUE. — *Sur l'écoulement des gaz aux températures élevées au travers des matières à structure très serrée.* Note de M. **Pierre Bremond**, présentée par M. G. Urbain.

Lorsqu'on fait passer à froid un gaz au travers d'une paroi à texture fine, comme du dégourdi de porcelaine, on constate que le débit est proportionnel à la différence de pression existant entre les deux faces de la paroi et qu'il est inversement proportionnel à la racine carrée de la densité absolue du gaz qui s'écoule. C'est la loi de Graham, vérifiée par de nombreux auteurs et encore par nous-même.

Il en résulte que les débits de deux gaz sont entre eux comme le rapport des inverses des racines carrés de leurs densités.

Nous avons recherché ce que devient la loi de Graham aux températures élevées.

Le débit à froid, par unité de surface, d'épaisseur et de pression est proportionnel, d'après Graham, à $1/\sqrt{D_T}$, D_T étant la densité absolue à T° absolus. Or : $D_T = D_0 T_0/T$; le débit à T° devrait donc être proportionnel à $\sqrt{T}$ et, connaissant le débit à T_0, on devrait aisément pouvoir calculer le débit à T°. Autrement dit, on devrait avoir, en appelant Q_T le débit à T°, Q_0 le débit à T_0 et A une constante d'expérience,

$$Q_T = A Q_0 \sqrt{T}.$$

---

(1) J. H. Moore, *Publications of the Astr. Soc. of the Pacific*, 41, 1929, p. 254.

C'est ce que l'expérience ne vérifie pas. La valeur de Q ne varie pas régulièrement comme $\sqrt{T}$, mais présente un minimum qui varie avec la nature du gaz et celle de la matière traversée.

En utilisant le même dispositif expérimental qui nous a servi à mesurer les débits gazeux pour la vérification des lois de Poiseuille-Sutherland, nous avons obtenu les résultats suivants, relevés sur les courbes expérimentales :

Débit des divers gaz (mesurés à t°) au travers de la même paroi et pour la pression unité.

t°.	Air.	CO^2.	H^2.	SO^2 (1).	Gaz d'éclairage (2).
17°	20,8	16,65	78,75	13,65	42,25
100°	20,1	16,1	76,60	19,75	37,0
200°	18,9	15,0	67,75	18,25	35,2
300°	19,35	15,3	59,25	21,60	36,6
400°	21,2	17,1	61,80	23,90	38,8
500°	22,6	18,85	67,50	»	39,9
600°	23,6	19,9	»	»	»
700°	24,5	20,75	»	»	»
Minima	18,5	14,9	57,9	18,1	34,75
Temp. des minima	250°	240°	340°	190°	250°

(1) SO^2 présente un *maximum* égal 21,5 à 145°; débit à 0° : 11,82.

(2) Densité absolue : 0,313 (calculée d'après le débit à 17°).

Si maintenant on examine les rapports des débits, ceux-ci devraient être indépendants de la température puisque

$$\frac{Q'_T}{Q_T} = \sqrt{\frac{D_T}{D'_T}} = \frac{D_0}{D'_0}\,\frac{T_0}{T}\,\frac{T}{T_0} = \frac{D_0}{D'_0}.$$

C'est ce que l'expérience ne vérifie pas, et la discordance est due à la présence des minima que nous avons observés. Les discordances sont d'autant plus marquées que les positions des minima des différents gaz sont situées à des températures différentes. En opérant avec l'anhydride sulfureux, depuis 0° jusqu'a 400°, on observe *un maximum* et *un minimum* de débit, l'ensemble de la courbe donnant une allure analogue à une courbe de Van der Waals.

Débits	$\frac{CO^2}{Air}$.	$\frac{H^2}{Air}$.	$\frac{SO^2}{Air}$ (¹).	$\frac{\text{Gaz d'éclairage}}{Air}$.
Théorie	0,81.	3,79.	0,67.	–
17°	0,80	3,79	0,65	2,03
100°	0,80	3,82	0,98	1,84
145°	–	–	1,10	–
190°	–	–	0,95	–
200°	0,79	3,55	0,96	1,86
300°	0,79	3,07	1,11	1,89
400°	0,80	2,92	1,13	1,83
500°	0,83	2,98	–	1,77
600°	0,84	–	–	–
700°	0,84	–	–	–

(¹) 145° = maximum de débit; 190° = minimum de débit.

Ces phénomènes paraissent dus à une adsorption gazeuse, variable avec la température, qui modifie les dimensions des pores capillaires et fait varier les débits.

ÉLECTRICITÉ. — *L'émission de lumière par un mélange de gaz et de vapeurs dans la colonne positive d'une décharge luminescente.* Note de MM. **W. Uyterhoeven**, **J. Bruynes** et **C. Verburg**, présentée par M. M. Brillouin.

Une des méthodes pour produire, au moyen d'une décharge électrique dans un mélange de gaz, une lumière renfermant les raies caractéristiques des différents constituants, consiste dans l'emploi d'un tube composé de tronçons de diamètres différents. Dans un mélange de néon et de mercure, les parties étroites présenteront une couleur rouge due au spectre du néon, les parties élargies une teinte bleue verte produite par le mercure. Ici la couleur de la lumière fournie par l'ensemble, obtenue, par exemple, en entourant le tube d'un globe diffusant, est due à la superposition des deux spectres produits dans des parties différentes du tube (¹).

Il est toutefois possible de produire dans un mélange de gaz une lumière contenant les radiations caractéristiques des différents constituants, produites au même endroit, par l'emploi en courant alternatif de fréquence normale (50 périodes) d'une colonne positive contenant un gaz rare, du mercure et du sodium.

(¹) Brevets français : 605168 (Claude), 608935 (Philips-Zecher).

Le tube employé était d'un modèle courant, en usage dans notre laboratoire pour le développement des lampes à vapeur de sodium, pourvu à chaque extrémité d'une cathode et d'une anode (diamètre 24^{mm}; distance entre filaments 400^{mm}) replié sur lui-même et placé dans une enveloppe à double paroi dans laquelle on a fait le vide. A l'amorçage, la couleur correspond à la lumière émise par le gaz rare employé; à mesure que la lampe s'échauffe, la couleur vire vers celle du mercure luminescent, puis le sodium apparaît, et finalement la lampe présente une couleur plus ou moins blanche. L'examen spectroscopique montre que la lumière émise par la lampe renferme les raies caractéristiques du sodium, entre autres: D_1 λ5896 ($1s - 2p_2$) et D_2 λ5890 ($1s - 2p_1$) le doublet des raies de résonance, ainsi que plusieurs antres doublets d'intensité moindre, correspondant à des transitions de niveaux plus élevés comme λ6161 ($2p_1 - 3s$) et λ6154 ($2p_2 - 3s$), λ5688 ($2p_1 - 4d$) et λ5683 ($2p_2 - 4d$) et encore d'autres. En plus, la lumière contient plusieurs des raies caractéristiques du mercure, par exemple, le triplet bien connu λ5461 ($2p_1 - 2s$), λ4358 ($2p_2 - 2s$) et λ4057 ($2p_3 - 2s$).

On peut se demander pourquoi la présence de vapeur de sodium ayant un potentiel de résonance 2,1 V et d'ionisation 5,12 V n'empêche pas l'apparition des raies de mercure pour lequel ces potentiels sont respectivement 4,86 et 10,38 V. L'examen stroboscopique fournit une explication de ce phénomène intéressant.

Dans chaque phase la couleur, qui immédiatement après le réamorçage (donc après le passage par zéro du courant) est jaune, devient bleue lorsque la densité du courant croît, pour redevenir jaune vers la fin de la phase, lorsque le courant diminue avant son passage par zéro et son changement de direction. Ces variations de couleur sont si rapides que l'œil ne les discerne pas et qu'on obtient une impression d'ensemble dépendant de l'intensité relative des composantes; dans le cas considéré : jaune du sodium et bleu vert du mercure. En combinant l'examen spectroscopique avec le stroboscope, on voit que les raies jaunes du sodium persistent pendant toute la durée d'une phase, mais que celles du mercure n'apparaissent que lorsque la densité de courant augmente, pour disparaître de nouveau lorsque celle-ci tombe en dessous d'une certaine valeur qui dépend des conditions expérimentales. Ainsi dans un cas particulier étudié, les raies du mercure apparaissaient après un temps égal à 44 pour 100 de la durée d'une phase, pour disparaître au bout de 82 pour 100 de cette durée. La lampe émet donc une lumière jaune pendant 62 pour 100 d'une phase et une lumière bleu vert pendant 38 pour 100. En choisissant les conditions

convenablement on peut même faire apparaître en plus des raies du sodium et du mercure celles du néon, réalisant ainsi une combinaison du jaune, bleu vert et du rouge se rapprochant sensiblement de la lumière blanche.

Il va de soi que la méthode, qu'on peut caractériser en disant que les couleurs composantes sont séparées dans le temps au lieu de l'être dans l'espace (comme il a été dit plus haut pour un tube à diamètre variable), n'est pas limitée à l'exemple considéré : mélange de sodium et de mercure. Un choix judicieux des constituants permet la réalisation de toutes sortes de combinaisons. Nous nous proposons de revenir en détail sur ces expériences dans un autre Recueil.

PHYSIQUE ATOMIQUE. — *Nouvelles remarques sur le rayon atomique du carbone dans le diamant.* Note de M. **V. Posejpal**, présentée par M. A. Cotton.

J'ai calculé ici récemment (196, 1933, p. 337) ce rayon R au moyen des formules déduites de l'application de la règle suivante : les photons ne pénètrent dans l'intérieur des atomes qu'aux niveaux d'énergie eV égale à leur quantum $h\nu$, niveaux où ils éprouvent, en l'absence des électrons, une diffusion cohérente.

Les mesures de la réfraction normale du diamant faites par M. Walter, appliquées aux raies D, F, G, m'ont donné pour 2R, exprimé toujours en 10^{-8} cm, les trois valeurs 1,44, 1,50, 1,54, et la formule de dispersion de M. Martens m'a donné, pour les mêmes raies, les valeurs 1,44, 1,48, 1,58. J'ai complété maintenant mon calcul pour les raies B ($\lambda = 0,6867\mu$), $n_B = 2,40735$ et C(0,656283), 2,41000, et je trouve pour 2R dans le premier cas les valeurs 1,49, 1,49 et dans le second cas les valeurs 1,50 et 1,47.

Ces nouveaux nombres montrent nettement que nos calculs donnent dans tout le domaine du spectre visible des valeurs très concordantes entre elles, dont la moyenne 1,49 se rapproche bien du nombre 1,54 tiré des mesures spectrométriques de MM. W. H. et W. L. Bragg pour le diamant et de celui, 1,50, donné par MM. Debye et Scherrer pour le graphite.

L'importance de cet accord impose qu'il soit examiné en toute rigueur. Or nous remarquons que tous nos nombres, excepté ceux qui correspondent à la raie G, sont légèrement inférieurs aux nombres spectrométriques. Mais c'est précisément le contraire qu'on doit attendre. En effet, R signifie,

dans notre formule (7),

$$(7)\qquad 1-\frac{\delta}{d+\delta}=\frac{4}{3}\,\frac{N^3\pi(R^3-a^3)}{1-N^2\pi a^2},$$

le rayon de la sphère imaginaire représentant le volume moyen d'éther polarisé à l'intérieur d'un atome quelconque et entraîné par lui, tandis que les valeurs spectrométriques des auteurs ci-dessus représentent la distance minima entre les centres de deux atomes voisins. Le volume de l'éther en question sphérique, dans le cas des atomes libres, sera dans le cas des atomes serrés les uns contre les autres diminué et déformé aux points de contact et cela d'autant plus que les atomes sont plus proches. Notre rayon R sera par conséquent un peu plus grand que la distance minima entre les centres des atomes voisins. D'autre part, il sera inférieur au rayon de la sphère du volume correspondant dans le diamant à un seul atome et égal à $(11,92 m_H):\rho$. Ce même volume est représenté dans le réseau cristallin du diamant par son cube élémentaire. En posant pour la densité ρ du diamant 3,514 et $1,663.10^{-24}$ g pour m_H, nous obtenons pour le rayon de la sphère en question $1,104.10^{-8}$ cm et pour l'arête du cube élémentaire $1,78.10^{-8}$ cm. Or il est clair que notre rayon doit être nécessairement inférieur non seulement au rayon 1,104, mais même au rayon de la sphère inscrite au cube élémentaire, c'est-à-dire inférieur à 0,89. Nous arrivons ainsi à la condition :

$$0,77.10^{-8}\,\text{cm} < R < 0,89.10^{-8}\,\text{cm}.$$

Or il est intéressant de constater que les résultats de notre calcul satisfont particulièrement à cette condition si nous débarrassons la formule (7) d'une légère imprécision que M. Bydžovsky m'a fait remarquer. En la développant j'avais posé pour le volume parcouru librement dans l'atome par un faisceau des rayons parallèles tout le volume perméable aux photons en question, ne tenant pas compte du fait qu'une petite partie de ce volume devient infranchissable au faisceau. Ceci fait, la différence R^3-a^3 se remplace dans la formule (7) par l'expression $(R^2-a^2)^{3/2}$, et les deux séries des valeurs de R sont maintenant les suivantes :

B.	C.	D.	F.	G.
0,819	0,826	0,806	0,834	0,844
0,826	0,817	0,805	0,824	0,861

Toutes ces valeurs satisfont parfaitement à la condition ci-dessus et s'accordent de nouveau très bien les unes avec les autres. La divergence un peu plus grande des valeurs correspondant à la raie G($\lambda = 0^\mu,4307714$) est

sans doute causée par la proximité du domaine d'absorption dans l'ultraviolet, qui commence, d'après M. Martens, à $0^{\mu},3$, tandis que le diamant mesuré par M. Walter avait une légère bande d'absorption déjà sensible à $0^{\mu},4155$.

Ce travail approfondit de nouveau le contrôle de la règle sur le passage des rayons photoniques dans les atomes mentionnée au début et montre de plus l'utilité de la notion du volume atomique considéré comme le volume d'éther polarisé et entraîné par l'atome.

OPTIQUE. — *Sur les variations thermiques des biréfringences électromagnétiques anormales.* Note [1] de M. **René Lucas**, présentée par M. A. Cotton.

Dans une Communication précédente [2] nous avons montré l'existence de variations anormales de biréfringences électriques en fonction de la température. Dans le cas particulier du phénylsuccinate d'éthyle, la loi de variation est en opposition avec les résultats des diverses théories (P. Langevin, Born-Debye, de Mallemann).

Je vais montrer dans cette Note que l'hypothèse du polymorphisme moléculaire permet de rendre compte des écarts entre les lois déduites des diverses théories et ce que donne l'expérience, de la même manière que l'on peut rendre compte de l'action de la température dans le cas des anomalies de pouvoirs rotatoires [3].

Supposons, pour simplifier, un cas de dimorphisme; soient W_1 et W_2 les énergies internes des molécules d'espèces 1 et 2, en état d'équilibre à la température T. Si l'on admet que dans l'équilibre n'interviennent pas d'énergies mutuelles différentes entre les molécules 1 et 2, celles-ci seront respectivement en nombre n_1 et n_2

$$n_1 = n_0 e^{-\frac{W_1}{KT}}, \qquad n_2 = n_0 e^{-\frac{W_2}{KT}}$$

avec

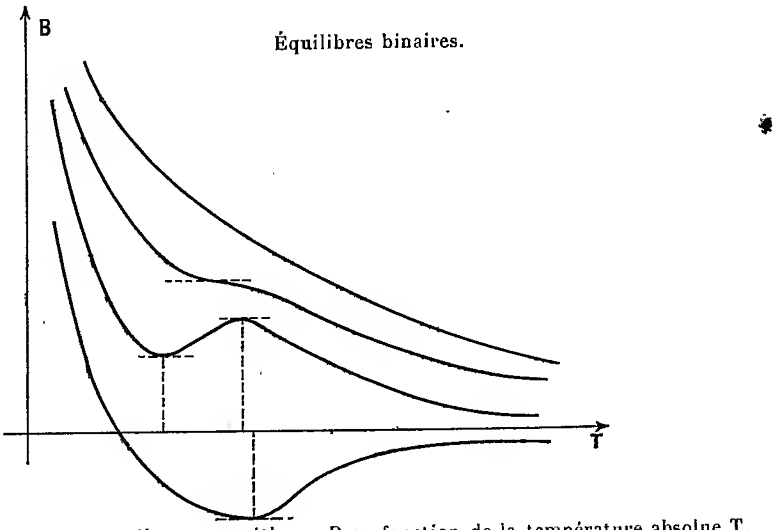
$$n_0 = \frac{N}{e^{-\frac{W_1}{KT}} + e^{-\frac{W_2}{KT}}} \qquad \text{(d'après Boltzmann).}$$

(1) Séance du 22 mai 1933.
(2) R. Lucas et M. Schwob, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 765.
(3) R. Lucas, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 857.

Supposons, pour simplifier, que les biréfringences des molécules 1 et 2 suivent (séparément) la loi de Langevin, le mélange présentera (dans le cas le plus simple d'une additivité des actions optiques) une biréfringence

$$B = \frac{b_1}{T} n_0 e^{-\frac{W_1}{KT}} + \frac{b_2}{T} n_0 e^{-\frac{W_2}{KT}}.$$

b_1 et b_2 désignant des coefficients proportionnels aux constantes de Kerr



Courbes des biréfringences électromagnétiques B en fonction de la température absolue T.

ou de Cotton et Mouton des molécules 1 et 2 : comme nous l'avons montré ces coefficients peuvent être de signes opposés.

L'expression de B peut s'écrire

$$B = N \frac{b_1 e^{-\frac{\partial W}{KT}} + b_2}{T\left(1 + e^{-\frac{\partial W}{KT}}\right)} \qquad \text{(en posant } W_1 - W_2 = \partial W\text{)}.$$

Il est possible de suivre, en fonction de T, les variations de B dans les différents cas qui peuvent se présenter suivant les valeurs relatives de b_1, b_2 et $\partial W/KT$.

La conclusion de cette étude est la suivante :

Si les deux formes moléculaires 1 et 2 ont des biréfringences de *même signe*, B peut décroître régulièrement lorsque T augmente, ou bien la courbe peut présenter soit un point d'inflexion, soit un minimum et un maximum.

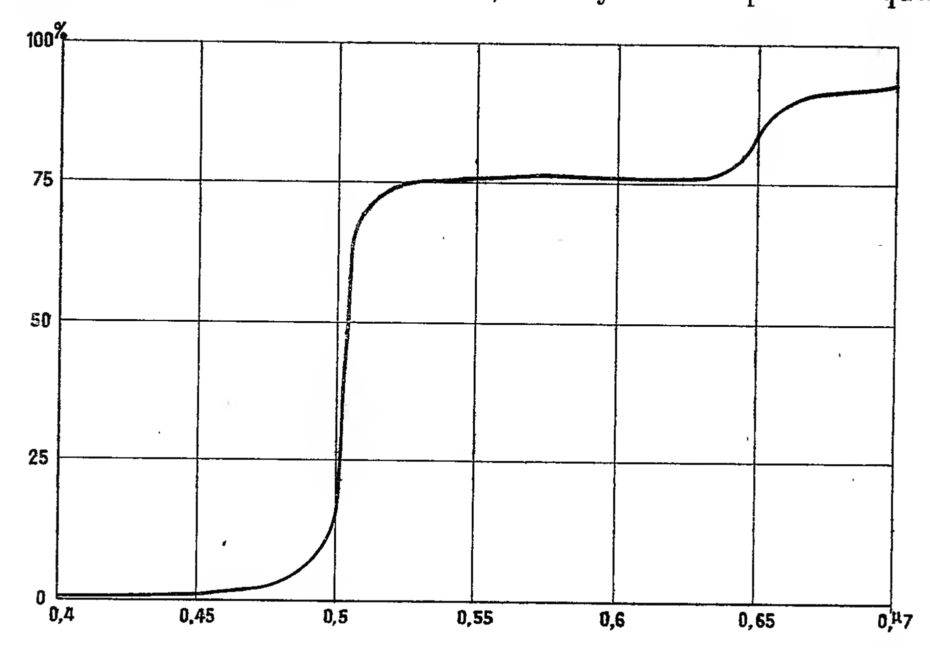
Si les deux formes sont de *signes contraires*, la courbe B(T) peut décroître régulièrement lorsque T augmente ou bien passer à la valeur zéro avec un passage par un minimum. Les divers aspects possibles sont représentés par les courbes ci-contre.

On voit donc la possibilité d'expliquer simplement les anomalies telles que celles du phénylsuccinate d'éthyle dans l'hypothèse du polymorphisme moléculaire.

OPTIQUE. — *Sur l'emploi de verres propres à réduire l'éblouissement produit par les projecteurs d'automobiles.* Note de MM. **Alfred Monnier** et **Marcel Mouton**, présentée par M. C. Matignon.

En 1906 MM. Motais et Tscherning ont signalé que les lumières non monochromatiques, totalement dépourvues de radiations bleues et violettes, produisent une sensation de meilleur éclairage et une sensation de moindre fatigue.

En vue d'obtenir de telles lumières, au moyen de lampes électriques à



incandescence, nous avons réalisé un verre jaune sélectif à base de cadmium qui, sous la faible épaisseur imposée par les conditions de fabrication des ampoules, présente la courbe de transmission spectrale tracée sur la figure ci-dessus.

L'examen de cette courbe montre que la valeur du facteur de transmission de ce verre, très faible pour les radiations de longueur d'onde inférieure à $0^{\mu},490$, s'accroît ensuite très rapidement à mesure que la longueur d'onde des radiations se rapproche de $0^{\mu},510$, puis reste sensiblement constant pour les radiations de longueur d'onde supérieure à $0^{\mu},510$.

Une lampe électrique comportant une ampoule faite avec ce verre émet, lorsque la température du filament est de 2700 degrés absolus, une lumière jaune dont la radiation dominante est de $0^{\mu},578$.

Nous avons comparé, au point de vue de l'éblouissement et de la visibilité, les faisceaux de projecteurs d'automobiles produits par des lampes à ampoule jaune et par des lampes de même intensité lumineuse, à ampoule incolore.

Nous avons ainsi constaté :

1° Une augmentation de l'acuité visuelle de l'ordre de 10 pour 100.

2° Une augmentation de la visibilité, due à une moindre diffusion de la lumière jaune, aussi bien par temps clair que par temps brumeux.

Cette augmentation de la visibilité a été évaluée en notant les distances auxquelles un observateur réussissait à percevoir un sujet noir sur fond noir; dans une expérience faite par temps clair nous avons trouvé les résultats suivants :

En lumière blanche	130^{m}
En lumière jaune	160^{m}

3° Une diminution du temps de réadaptation de l'œil à la vision normale après un éblouissement prolongé.

L'expérience réalisée nous a permis de noter les temps suivants :

En lumière blanche	40 secondes
En lumière jaune	4 »

En résumé, l'application, aux projecteurs d'automobiles, de la lumière jaune totalement dépourvue de radiations bleues et violettes, provoque une réduction très sensible de l'éblouissement et une augmentation très nette de la visibilité.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur la teneur en hydrogène et la dureté du chrome électrolytique*. Note de MM. **Guichard**, **Clausmann**, **Billon** et **Lanthony**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons antérieurement étudié divers métaux électrolytiques, dans le but de rechercher s'il y avait une relation entre l'hydrogène qu'ils con-

tiennent et la dureté qu'ils présentent et nous avons conclu, pour le fer, le nickel, le cobalt, à l'indépendance de la teneur en hydrogène et de la dureté.

Afin d'étendre ces observations, nous avons étudié le chrome électrolytique dont la dureté dépasse souvent 500 unités Brinell. M. Ducru a bien voulu nous confier des échantillons de chrome électrolytique préparés par lui-même, dans les conditions suivantes : ils résultent de l'électrolyse d'une solution contenant par litre 240^g d'acide chromique et $6^g,2$ de sulfate de chrome violet, avec une anode de plomb et une cathode de cuivre disposée soit verticalement, soit horizontalement, au fond de l'électrolyseur. La cathode était en partie noyée dans la paraffine, de façon à ne présenter qu'une seule face libre pour le dépôt de chrome. Le courant fournissait 26 ampères par décimètre carré de cathode, avec un voltage aux bornes de 4,8 volts. L'électrolyse était assez prolongée pour déposer des lames ou des disques très compacts, pesant environ 20^g et qui titrent 99,5 p. 100 de chrome.

Nous avons pratiqué l'extraction fractionnée de l'hydrogène dans le vide sec, selon la méthode que nous avons déjà décrite et constaté les variations de dureté du métal à l'aide d'une machine Vickers à bille de 1^{mm} agissant sous 10^{kg} de pression pendant 30 secondes; les nombres de dureté retenus résultent de la moyenne de 4 à 6 empreintes pour chaque point.

L'hydrogène dégagé du chrome électrolytique est très pur; s'il contient parfois des traces de gaz carbonés, il peut aussi en être totalement dépourvu.

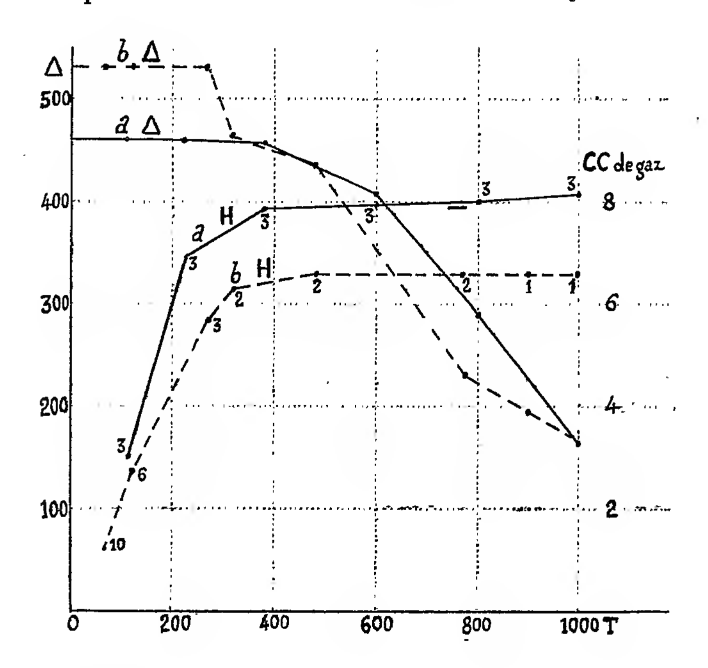
L'extraction totale de l'hydrogène du chrome électrolytique est particulièrement lente et il faut, pour approcher de la limite d'extraction correspondant à chaque température, prolonger le chauffage pendant un nombre de jours plus ou moins grand.

Nous donnons ici les diagrammes de recuit fractionné de deux échantillons provenant de deux préparations différentes, indiquant en chaque point la durée de chauffage en jours. Les volumes de gaz correspondent à 1^g de chrome.

Le dégagement d'hydrogène se montre très important à basse température et se ralentit considérablement ensuite; il est terminé ou presque vers 500°. La dureté ne décroît rapidement qu'au-dessus de 380° pour l'échantillon *a*; à cette température, 96 pour 100 de l'hydrogène total sont éliminés. La baisse de dureté a commencé un peu avant 300° pour l'échantillon *b*, mais à 320°, on avait encore la valeur $\Delta = 463$ égale à la dureté

initiale de l'échantillon *a*; 95 pour 100 de l'hydrogène étant alors éliminés. Au-dessus de 485°, cet échantillon ne donne plus d'hydrogène et sa dureté encore très élevée s'abaisse, par chauffage à des températures croissantes, jusqu'à $\Delta = 168$. L'échantillon *b*, le plus dur, est d'ailleurs celui qui contient le moins d'hydrogène total.

Les résultats que nous donne ainsi le chrome ne se présentent pas tout à



fait avec la simplicité que nous avons rencontrée dans l'étude du fer, puisque ce dernier métal peut abandonner l'hydrogène jusqu'à la dernière trace avant que la dureté commence à baisser. L'extrême lenteur avec laquelle ce gaz se dégage du chrome nous a obligés, malgré des temps de chauffe très prolongés, à opérer, pour les dernières traces, à des températures suffisamment élevées pour amorcer un adoucissement du métal. On ne peut admettre que, sur la totalité de l'hydrogène contenu dans le chrome électrolytique, une très petite portion, quelques cent millièmes du métal, en poids, ait seule une influence sur la dureté (échantillon *a*); pour l'échantillon *b*, le rôle de l'hydrogène est évidemment nul au cours de l'abaissement de dureté de $\Delta = 435$ à $\Delta = 168$.

En conclusion, nous admettons que l'explication qui s'impose sans réserves pour le fer est valable aussi pour le chrome, c'est-à-dire que l'hydrogène n'est pas responsable de la dureté remarquable des métaux

électrolytiques, cette dureté trouvant une explication plus normale dans la structure de ces métaux qui ont été déjà comparés à des métaux fortement écrouis.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le rayonnement α du radiothorium et de ses dérivés*. Note de M. S. **Rosenblum** et M[lle] C. **Chamié**, présentée par M. A. Cotton.

Nous avons signalé (¹) que le rayonnement α du radiothorium était complexe. Nous avons indiqué l'existence de deux groupes qui appartenaient certainement au radiothorium, tandis que la provenance d'un troisième groupe α_x restait indécise. La vitesse de α_x étant sensiblement égale à celle relative au polonium, nous avons traité la solution contenant le RdTh par H^2S en présence de Pb pour éliminer le polonium qui pourrait se trouver comme dérivé du Ra accompagnant le mésothorium I qui nous a servi comme matière première. En ce qui concerne la préparation de la source, nous avons opéré comme nous l'avons dit précédemment. Nos nouvelles expériences montrent que la raie α_x appartient probablement au polonium. Pour le radiothorium, nous confirmons donc seulement l'existence de deux composantes, la plus rapide étant environ cinq fois plus intense que la composante lente (estimation visuelle). Comme moyenne de plusieurs mesures, nous trouvons 86 ekV pour la différence énergétique, valeur un peu plus élevée que celle signalée précédemment.

Pour nous assurer que la vitesse correspondant à α_x coïncidait à la vitesse des rayons α du polonium, nous avons pris un cliché où les rayons α du polonium étaient simultanément photographiés avec ceux du radiothorium. Ceci nous a permis, d'autre part, de redéterminer avec précision les vitesses des rayons α du RdTh et de ses dérivés. Dans le tableau ci-après, nous donnons les nombres que nous trouvons et nous les comparons à ceux obtenus récemment par G. H. Briggs (²). Nous donnons également les nombres que l'on peut calculer d'après les parcours en appliquant une correction à la loi de Geiger d'après Lord Rutherford, Wynn Williams, Lewis et Bowden (³). On voit que l'accord est très bon. Dans la Note

(¹) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1154.
(²) G. H. Briggs, *Proc. Roy. Soc.*, A, 139, 1933, p. 638.
(³) *Proc. Roy. Soc.*, A, 139, 1933, p. 617.

précédente, les valeurs données par nous ont été calculées par rapport au thorium C, et l'on avait admis une valeur trop basse de 1/600 environ pour la vitesse des rayons α du Th C; les valeurs données précédemmeut sont donc systématiquement trop basses. Pour effectuer les calculs nous avons admis cette fois-ci $V_\alpha Po = 1,596_7 \times 10^9$ et $V_{\alpha_0} Th C = 1,705_8 \times 10^9$ cm/sec (¹).

TABLEAU.

	Vitesses 10^{-9} cm/sec.			Énergie en ekV			
	Briggs.	Lord Rutherford et collab.	Rosenblum et Chamié.	admise.	non corrigée.	corrigée du recul.	ΔE structure fine.
Radiothorium α_0.	–	–	$1,615_0$	$1,615_0$	5420	5517	86
» α_1.	–	–	1,602	1,602	5335	5431	
Thoron........	$1,738_7$	$(1,737_7)$	$1,738_6$	$1,738_6$	6284	6400	–
Thorium X......	$1,653_7$	–	$1,653_4$	$1,653_5$	5682	5785	–
Thorium A......	$1,805_4$	$(1,804_2)$	$1,805_1$	$1,805_2$	6775	6902	–

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Diffusion nucléaire des rayons gamma.* Note (²) de MM. **E. Stahel** et **H. Ketelaar**, présentée par M. Pierre Weiss.

Les recherches de Meitner et Hupfeld (³), de Gray et Tarrant (⁴), et d'autres auteurs, ont montré que les atomes lourds absorbaient les rayons gamma avec un coefficient plus élevé que celui qui correspond à la diffusion électronique (Klein et Nishina), et que la différence pouvait être attribuée à une interaction directe entre les rayons incidents et les noyaux atomiques. Le mécanisme de cette interaction n'est pas encore déterminé. D'après Meitner et Hupfeld il y aurait diffusion du rayonnement incident sans changement de longueur d'onde, à la façon de la diffusion de la lumière par effet Raileigh ; d'après Gray et Tarrant, le rayonnement incident agirait à la façon d'un rayonnement d'excitation sous l'influence duquel les noyaux atomiques émettraient isotropiquement un rayonnement propre, qui varierait seulement en quantité avec l'élément considéré.

Nous avons repris les recherches en utilisant une source de 1g,6 de

(¹) Rosenblum et Dupouy, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1919.
(²) Séance du 22 mai 1933.
(³) L. Meitner et H. H. Hupfeld, *Z. für Phys.*, 75, 1932, p. 705.
(⁴) C. H. Gray et G. T. P. Tarrant, *Proc. R. Soc.*, A, 136, 1932, p. 662.

radium. Le rayonnement gamma tombe sur des écrans divers et nous observons le rayonnement diffusé dans des directions variant de 80° à 135°. Nous étudions sa composition en établissant les courbes d'absorption à l'aide d'une chambre d'ionisation à pression. (Un Mémoire complet sera publié ailleurs.)

Le rayonnement émis par les différents écrans comprend le rayonnement de diffusion par effet Compton et le rayonnement d'origine nucléaire. Étant polychromatique, sa composition est changée par l'absorption qui se fait à l'intérieur même de l'écran diffusant. Nous avons été amenés ainsi à considérer deux espèces d'écrans : les écrans épais, pour lesquels le rayonnement diffusé est maximum mais dont la composition originelle est altérée, et qui est riche surtout en composantes dures, et les écrans minces, pour lesquels le rayonnement diffusé est très voisin de la composition originelle.

Résultats. — Nous avons étudié la composition du rayonnement diffusé par des écrans épais de plomb, d'étain, de fer, d'aluminium et d'oxyde d'urane et par des écrans minces de plomb, de fer et d'aluminium.

1. *Radiateurs épais.* — Le plomb émet un rayonnement comprenant environ 35 pour 100 de composantes dues à l'effet Compton. Globalement, il varie très peu en fonction de l'angle de diffusion. Les 65 pour 100 restants peuvent être considérés comme la superposition de deux composantes nucléaires monochromatiques dont les longueurs d'onde seraient voisines de 17 et 31 U. X. (Gray et Tarrant avaient trouvé respectivement 13,5 et 27 U. X.).

L'étain et le fer émettent également un rayonnement polychromatique mixte, comprenant une plus forte porportion de rayonnement diffusé par effet Compton. En sorte que, globalement, les rayonnements diffusés varient sensiblement d'intensité et de composition avec la direction d'observation. Mais, à part ces composantes électroniques, il reste une composante d'origine nucléaire (dans le cas du rayonnement diffusé par le fer à 130°, cette composante atteint environ 10 pour 100 de l'intensité totale). Cette composante nucléaire paraît monochromatique, et moins dure que la composante dure du plomb. Les longueurs d'onde sont approximativement 23 U. X. pour le fer, et 22 U. X. pour l'étain. S'il existe une seconde composante nucléaire ce n'est en tout cas que dans une proportion beaucoup moindre que dans le rayonnement diffusé par le plomb. Ces résultats sont en contradiction avec ceux de Gray et Tarrant.

Pour l'aluminium nous n'avons pas pu établir l'existence d'une composante d'origine nucléaire.

II. *Radiateurs minces.* — L'absorption à l'intérieur de l'écran étant ici négligeable, nous avons pu déterminer que l'intensité du rayonnement diffusé par un écran d'aluminium est égale à ce que permet de prévoir la théorie de l'effet Compton (formule de Klein et Nishina donnant l'intensité du rayonnement diffusé dans une direction donnée).

Pour le plomb nous avons pu conclure que les intensités originelles des deux composantes nucléaires étaient dans le rapport de 1 à 4,5 et que les nombres de quanta émis étaient par conséquent dans le rapport de 1 à 8, en ce sens qu'il y a huit fois plus de quanta mous émis que de durs.

Si l'on admet, comme l'expérience le suggère, que l'émission nucléaire est isotrope et que toute l'énergie absorbée est réémise, on peut calculer que le coefficient d'absorption nucléaire, rapporté à un électron par centimètre carré, est égal à $\varkappa_{Pb} = 0,17.10^{-25}$. Des mesures d'absorption ont montré d'autre part, en accord avec les observations d'autres auteurs, que l'excès du coefficient d'absorption du plomb sur le coefficient électronique de Klein et Nishina était égal à $\mu_{Pb} - \sigma = 0,36.10^{-25}$. Nous interprétons ce résultat en admettant que $\mu_{Pb} - \sigma - \varkappa_{Pb} = 0,19.10^{-25}$ représente le coefficient d'absorption photoélectrique, la valeur trouvée étant du même ordre de grandeur que celle que l'on calcule par la formule de Sauter [1].

CHIMIE PHYSIQUE. — *Températures de congélation des mélanges ternaires d'eau, d'alcool éthylique et d'éther éthylique.* Note [2] de M. A. **Lalande.**

Nous avons précédemment déterminé la surface de trouble de ce système, jusqu'à sa ligne de raccordement avec la surface de cristallisation [3], ainsi que les températures de congélation du système binaire alcool-éther [4].

Nous communiquons ici un sommaire des résultats expérimentaux relatifs à la détermination complète de la surface de cristallisation.

Mode opératoire. — Ayant préparé à l'avance un certain nombre de mélanges binaires d'alcool pur [5] et d'eau, nous réalisions, au moment même de leur emploi, les mélanges ternaires par addition d'éther pur [6]

(1) F. Sauter, *Ann. der Phys.*, 11, 1931, p. 478.
(2) Séance du 22 mai 1933.
(3) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 133.
(4) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 402.
(5) *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 406.
(6) Raoult, *Annales de Chimie et de Physique*, 7e série, 16, 1899, p. 162.

en quantité connue. Nous avons donc coupé la surface de cristallisation par des plans verticaux qui, dans le diagramme ternaire usuel, passent par la verticale du sommet éther.

Il nous a fallu modifier la technique expérimentale suivant les concentrations et les températures mises en jeu, afin d'établir un compromis entre les exigences contradictoires qui résultent des difficultés suivantes :

1° Aux températures voisines de 0°, la volatilité de l'éther tend à provoquer un détitrage très rapide des solutions si l'on n'opère pas dans un récipient hermétique;

2° Dès la température de — 20°, les solutions riches en alcool acquièrent une viscosité notable qui va croissant quand la température s'abaisse et gêne considérablement l'établissement des équilibres;

3° Dans toute la région qui s'étend, pour la nappe de cristallisation de l'eau, entre l'isotherme à — 50° et les vallées eutectiques, la pente de la surface représentative est si abrupte que des erreurs très faibles sur les concentrations conduisent à des erreurs considérables sur les températures.

Pour éliminer dans les différents cas l'erreur prédominante sans négliger les autres, nous avons eu recours aux méthodes suivantes :

Entre 0° et — 35° l'appareil employé était presque identique à celui de Raoult [1] mais le réfrigérant extérieur était un bain d'acétone refroidi et réglé à la main par des additions de neige carbonique. On brisait, au sein même du mélange hydroalcoolique refroidi, une ampoule tarée et scellée contenant l'éther.

Pour les solutions étendues, nous avons employé la technique des températures convergentes de Raoult [1]. Pour les solutions plus concentrées nous avons, dans un appareil analogue mais transparent, déterminé la température de disparition des derniers cristaux en régime de réchauffement très lent (quelques dixièmes de degré à l'heure).

Entre l'isotherme de — 35° et les vallées eutectiques, c'est-à-dire pour la fin du domaine de cristallisation de l'eau, nous avons conservé le principe de la détermination à vue, mais le thermomètre à mercure est remplacé par un thermomètre à résistance et le réfrigérant par un cryostat à air liquide, puis par un simple bain d'air liquide dans un vase de Dewar transparent.

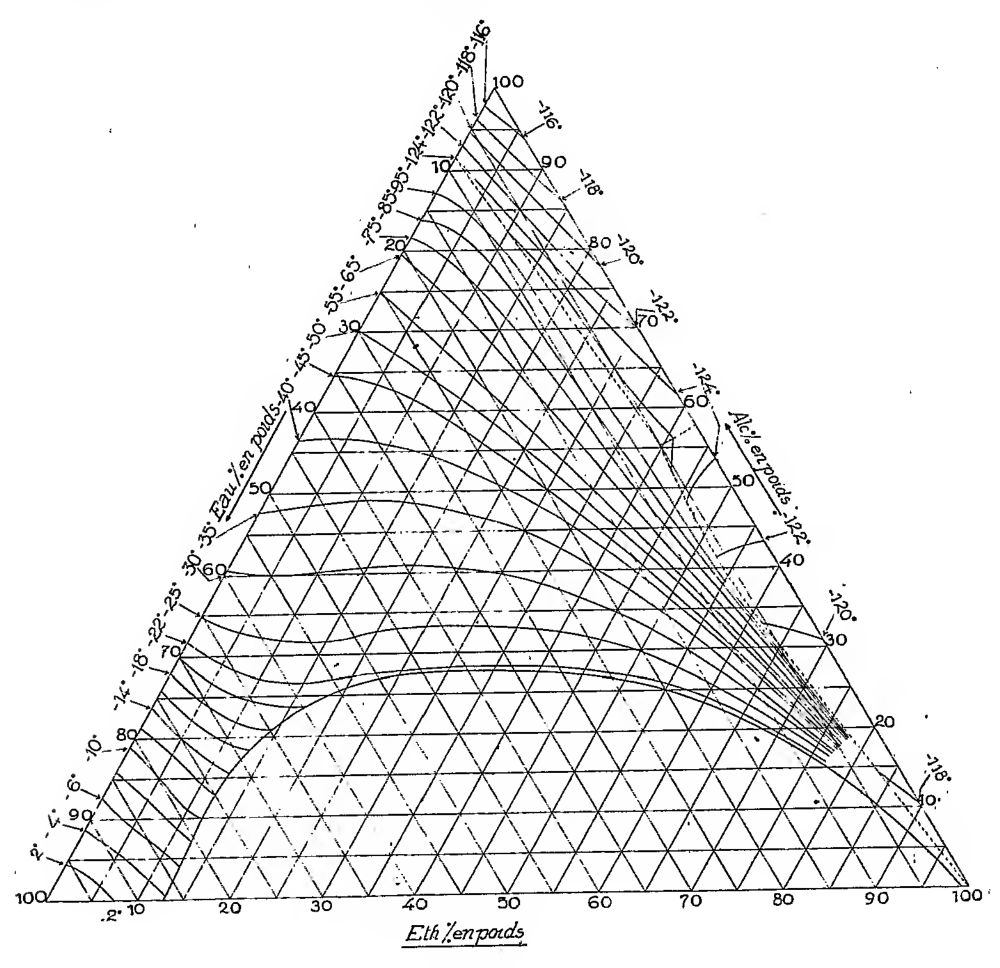
Enfin, les domaines de cristallisation de l'alcool et de l'éther (ou de solutions solides d'alcool et d'éther, car la viscosité des eaux mères rend

---

(1) *Loc. cit.*

impossible l'essorage des cristaux et l'analyse) ont été explorés à l'aide de la nouvelle méthode cryoscopique dont nous avons précédemment indiqué le principe (¹).

Résultats. — La surface de congélation (voir la figure) se compose de



trois nappes aboutissant aux lignes eutectiques représentées en pointillé : il n'y a pas de composé d'addition. L'eutectique ternaire admet pour coordonnées :

Alcool pour 100 en poids................	55,5
Éther pour 100..........................	39,5
Eau pour 100............................	5,0
t°C..................................	$-127° \pm 0°,5$

(¹) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1267.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action des borates alcalins sur le chlorure, le bromure et l'iodure de plomb en solution aqueuse.* Note de MM. **A.-P. Rollet** et **Peng-Chung-Ming**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Herapath [1] a signalé un chloroborate de plomb $B^2O^3.PbO.Cl^2Pb.H^2O$, obtenu à partir de solutions de borax et de chlorure de plomb.

Nous avons entrepris l'étude de ce composé et recherché en outre si des combinaisons analogues se forment avec le bromure et l'iodure de plomb.

L'halogénure de plomb étant en solution dans l'eau, on provoque l'apparition d'un précipité en ajoutant une solution aqueuse de diborate de potassium ou de pentaborate de sodium. Nous n'avons pas utilisé de solutions de monoborates alcalins afin d'éviter la formation de borate basique de plomb.

Nous avons suivi la précipitation par la méthode classique des conductibilités. L'halogénure de plomb en solution est placé dans un vase contenant un agitateur et deux électrodes de platine. Le vase est disposé dans un thermostat. Le réactif (borate alcalin) est introduit au moyen d'une burette graduée. Nous avons toujours opéré au voisinage de la température de 20°.

Les courbes ont été construites en portant en abscisses les quantités du réactif et en ordonnées l'inverse des résistances électriques de la cellule où se forme le précipité.

La composition des précipités a été contrôlée par l'analyse chimique.

Les courbes obtenues ont en général l'allure de celle reproduite sur la figure. Une première branche correspond à la formation d'un composé de formule

$$B^2O^3.PbO.X^2Pb,$$

où le symbole X représente l'halogène. Un changement très brusque de direction indique la transformation totale du sel de plomb en composé halogéno-borique. On constate toujours que la brisure correspond à une molécule d'halogénure de plomb et à une demi-molécule de diborate de potassium $(2B^2O^3.K^2O.4H^2O)$ ou de pentaborate de sodium :

$$(5B^2O^3.Na^2O.10H^2O).$$

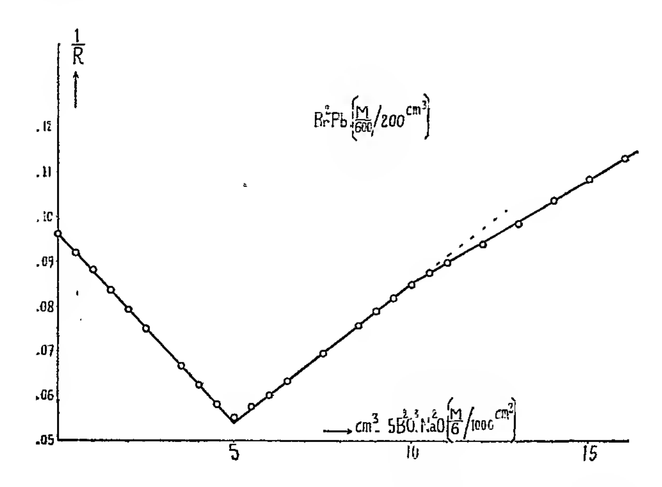
Au cours de la précipitation, de l'acide borique libre apparaît dans la

(1) Herapath, *Philosophical Magazine*, 34, 1849, p. 375.

solution selon la formule de réaction :

$$(B^2O^3)^2.K^2O + 4H^2O + 2X^2Pb \rightarrow \underbrace{B^2O^3.PbO.X^2Pb.H^2O}_{\text{précipité}} + 2XK + 2BO^3H^3.$$

La deuxième branche de la courbe montre la transformation du composé précipité en borate normal de plomb : $B^2O^3.PbO.H^2O$. Une légère brisure



marque la fin de la transformation et la troisième branche correspond à l'excès du réactif.

Dans le cas de l'iodure de plomb, cette deuxième brisure ne se manifeste pas cependant avec netteté et la troisième branche est sensiblement dans le prolongement de la deuxième.

Le chloroborate et le bromoborate de plomb sont des précipités microcristallins blancs. L'iodoborate est jaune clair.

L'analyse chimique nous a permis de donner à ces trois composés les formules suivantes :

$$B^2O^3.PbO.Cl^2Pb.H^2O,$$
$$B^2O^3.PbO.Br^2Pb.H^2O,$$
$$B^2O^3.PbO.I^2\ Pb.H^2O.$$

Quand on chauffe ces composés, l'eau de cristallisation s'en va dès 100°. Pour avoir une déshydratation complète il est nécessaire d'élever la température jusqu'à 200°. Cette propriété est commune à la plupart des borates.

En résumé nous avons confirmé l'existence du chloroborate de plomb de Herapath et préparé un bromo- et un iodoborate qui n'avaient pas encore été signalés.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'évolution des aluminates de calcium hydratés hexagonaux*. Note de M. **Henri Lafuma**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Quand on mélange, à la température ordinaire, une solution d'aluminate monocalcique avec des quantités croissantes d'eau de chaux, on obtient des précipités où l'on rencontre un ou plusieurs des quatre corps :

$Al^2O^3.3H^2O$, $Al^2O^3.2CaO.7H^2O$, $Al^2O^3.3CaO.12H^2O$, $Al^2O^3.4CaO.12H^2O$,

les aluminates ayant tous la même structure hexagonale.

Tous ces aluminates hexagonaux sont transformés très rapidement (une heure environ), à 80° C., par un excès d'eau de chaux, en aluminate tricalcique cubique :

$$Al^2O^3.3CaO.6H^2O.$$

C'est d'ailleurs là un procédé très simple de préparation de l'aluminate tricalcique cubique de Thorvaldson.

Chauffés à 80°, en suspension dans leur eau mère, ces aluminates hexagonaux se transforment également en tricalcique cubique; mais alors que la transformation est rapide pour l'aluminate tétracalcique dont l'eau mère est saturée en chaux à cette température, la transformation n'est sensible qu'après plusieurs jours pour l'aluminate bicalcique hexagonal dont l'eau mère est beaucoup moins riche en chaux.

Au lieu de mélanger, à la température ordinaire, les solutions d'aluminate monocalcique et d'eau de chaux, et de chauffer ensuite le mélange, on peut chauffer isolément les solutions et les mélanger à 80°; on observe alors, pour les fortes proportions d'eau de chaux, la précipitation immédiate d'aluminate tricalcique cubique; mais pour de moyennes ou de faibles proportions d'eau de chaux, on observe la précipitation immédiate d'un mélange d'aluminate cubique et d'aluminates hexagonaux, ou même d'aluminate bicalcique hexagonal et d'alumine. Comme dans l'expérience précédente, ces aluminates hexagonaux se transforment en quelques jours en aluminate tricalcique cubique, au contact de leur eau mère, à cette température.

A 50°, on observe la même évolution des aluminates hexagonaux vers l'aluminate tricalcique cubique, mais la durée de la transformation est plus

longue et il faut compter plus d'un mois pour la transformation, en présence de son eau mère, du bicalcique hexagonal en tricalcique cubique.

La même évolution se manifeste aussi à la température ordinaire, mais les transformations sont encore beaucoup plus lentes.

En présence d'eau de chaux saturée, l'aluminate tétracalcique se transforme, en une année environ, en aluminate tricalcique cubique. Quant à l'aluminate bicalcique hexagonal, sa transformation, en présence de son eau mère, en aluminate tricalcique cubique, est encore plus lente, et commence seulement à se manifester après un an.

On voit donc que le seul aluminate de calcium hydraté, stable, quelles que soient les conditions de concentration et de température, est l'aluminate tricalcique cubique; les différents aluminates hexagonaux ne sont que des états métastables dont la transformation en aluminate tricalcique cubique est favorisée par une élévation de température et une augmentation de la concentration en chaux de la solution au contact de laquelle on les conserve.

Ces résultats permettent d'expliquer la plupart des divergences des auteurs qui ont étudié les aluminates de calcium hydratés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de divers sucres sur la réaction des solutions de borax.* Note de M. **Pierre Thomas** et M[lle] **C. Kalman**, présentée par M. G. Urbain.

On sait depuis longtemps que l'addition de divers polyalcools comme la glycérine, la mannite, ou de sucres comme le glucose, le fructose, à une solution alcaline de borax, modifie la réaction, qui devient plus ou moins acide, en même temps que le pouvoir rotatoire des substances ajoutées subit en général une augmentation. Ce phénomène a été attribué à la formation d'esters boriques facilement hydrolysables.

Nous nous sommes attachés depuis un certain temps à mettre en évidence les différences présentées par les deux pentoses ordinaires, le xylose et l'arabinose, au point de vue chimique et physiologique. C'est pourquoi il nous a paru utile d'étudier leur action sur le borate de sodium, comparativement à celle d'autres sucres, en mesurant la concentration en ions hydrogène des mélanges étudiés.

Nous avons employé les colorants de Clark et Lubs, en déterminant les pH au moyen, soit du comparateur de Walpole, soit de l'ionocolorimètre

de G. Abt. Nous utilisions des solutions de pH différents et préalablement déterminés, contenant 1 pour 100 d'acide borique dissous dans la soude, auxquelles on ajoutait un volume égal de solution de sucre (solution M/3) de pH égal à 7, ou dans lesquelles nous faisions dissoudre la quantité correspondante du sucre étudié.

Les résultats obtenus peuvent être résumés comme suit :

1° Des solutions équimoléculaires de glucose, de galactose, de mannose et d'arabinose donnent en présence de borax un pH identique, donc une mise en liberté identique d'ions H.

2° Le xylose et surtout le fructose provoquent une acidification plus marquée; avec le fructose, dans les conditions de nos expériences, on arrive au pH de 4 environ.

3° Des divers sucres étudiés, le rhamnose se montre le moins actif.

Si l'on s'en tient à l'explication habituelle d'une formation d'esters boriques, il faut donc admettre que celui du fructose est particulièrement dissociable. Celui du xylose l'est nettement plus que celui de l'arabinose, ce qui établit une nouvelle différence entre ces deux pentoses.

4° En augmentant de plus en plus l'acidité initiale de la solution de borax, on constate qu'à partir d'un pH d'environ 4 les divers sucres paraissent exercer une action de plus en plus faible, de sorte que pour pH = 3 cette action s'annule en même temps pour tous les sucres étudiés. Ce qui est curieux, ce n'est pas que la mise en liberté d'ions H diminue avec l'acidité croissante, mais qu'avec les huit sucres examinés cette mise en liberté cesse exactement pour la même acidité initiale.

Au cours de ces recherches, nous avons eu connaissance d'un travail de Berenstein [1] qui a examiné la manière d'être du fructose, du glucose et du galactose, ainsi que de plusieurs disaccharides, en présence de borax et a constaté la forte acidification due au fructose. Nous noterons que nous sommes en contradiction avec cet auteur en ce qui regarde l'action du galactose, auquel il attribue, sans l'avoir mesurée, une forte activité sur le borax.

---

(1) F. J. BERENSTEIN, *Biochem. Zeitschrift*, 215, 1929, p. 344.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'oxychlorure de phosphore sur quelques aldéhydes.* Note de M. **M. Backès**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons montré [1] que l'oxychlorure de phosphore agit sur quelques aldéhydes gras en les aldolisant d'abord; l'aldol se déshydrate ensuite au contact de l'oxychlorure pour former un aldéhyde crotonique.

Obtention des aldéhydes cinnamique et amylcinnamique. — Ce mécanisme laissait prévoir qu'un mélange équimoléculaire d'aldéhyde benzoïque et d'aldéhyde acétique conduirait à l'aldéhyde cinnamique. C'est ce qui se produit en effet. Il faut prendre quelques précautions : la température ne doit ni dépasser 35° ni descendre en dessous de 30°. Il y a avantage à n'opérer que sur des quantités de l'ordre de 50^g du mélange d'aldéhydes. Après lavage et dessiccation, on distille le produit de la réaction dans le vide : il distille d'abord de l'aldéhyde benzoïque non transformé (à 84° sous 33^{mm}); puis, à 116° sous 10^{mm}, on obtient l'aldéhyde cinnamique.

La réaction est générale : une condensation d'aldéhyde benzoïque avec l'heptanal a conduit à l'aldéhyde amylcinnamique. Point d'ébullition : 139° sous 9^{mm}. Rendement : 70 pour 100.

Si le carbone en α de l'aldéhyde ne porte plus d'atome d'hydrogène, l'oxychlorure réagit à chaud et fixe du chlore sur la molécule organique. C'est ce que nous avons vérifié sur l'aldéhyde formique, pour la série grasse, et sur l'aldéhyde benzoïque, pour la série aromatique.

Action de l'oxychlorure de phosphore sur l'aldéhyde benzoïque. — On chauffe 1 molécule d'aldéhyde benzoïque avec 1/3 de molécule de $POCl^3$ en solution dans cinq fois leur volume de benzène. Après 25 heures d'ébullition, on distille le benzène ; puis, sous une pression aussi réduite que possible ($40\text{-}50^{mm}$), on distille tout ce qui passe, jusqu'à commencement de décomposition. Il reste dans le ballon une grande quantité de résine. Le produit de la distillation est lavé jusqu'à élimination de l'acide phosphorique ; puis il est agité avec une solution de bisulfite de sodium, jusqu'à ce qu'il ne se forme plus de combinaison bisulfitique de l'aldéhyde benzoïque. Il reste alors une huile lacrimogène qui bout de 195° à 205°. C'est un mélange de chlorure de benzoyle et de chlorure de benzylidène.

Après trois rectifications, on isole un peu de chlorure de benzoyle pur qui bout

---

[1] *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 277.

à 198°. Il donne avec l'ammoniaque la benzamide qui fond à 128° et avec l'aniline la benzanilide qui fond à 158°.

La fraction bouillant de 200 à 205° est traitée par l'ammoniaque, jusqu'à ce qu'il ne se forme plus de précipité de benzamide. Après dessiccation, elle bout à 203-204°. C'est le chlorure de benzylidène.

Dosage de chlore : trouvé 43,9 pour 100; calculé pour $C^7H^6Cl^2$, 44,1 pour 100. Dérivé caractéristique : la semicarbazide réagit avec élimination de deux molécules d'acide chlorhydrique; on obtient la semicarbazone de l'aldéhyde benzoïque qui fond à 223-228° (trouvé : 225°).

Action de l'oxychlorure de phosphore sur l'aldéhyde formique. — On fait bouillir 60g de trioxyméthylène avec 153g,5 de $POCl^3$. Après trois heures d'ébullition on distille. La partie volatile passe presque entièrement entre 98° et 105°. Le reste forme de la résine. Après trois rectifications le liquide clair obtenu bout à 103°. C'est l'oxyde de méthyle dichloré symétrique.

Dosage de chlore : trouvé 63,2 pour 100; calculé pour $C^2H^4OCl^2$ 61,7 pour 100. L'excès de chlore est dû à la présence d'un peu d'oxychlorure de phosphore qui est nécessairement entraîné pendant la distillation, car il bout à 105°.

L'oxyde de méthyle dichloré se décompose par l'eau tiède en aldéhyde formique et acide chlorhydrique. Par l'alcool à chaud on obtient surtout le diéthylacétal de l'aldéhyde formique : point d'ébullition 85°.

Nous avons vérifié en outre qu'un autre chlorure d'acide minéral, le chlorure de sulfuryle, réagit effectivement avec les aldéhydes gras. Comme $POCl^3$ il provoque des réactions d'aldolisation, sans mener toutefois aux résines encombrantes qu'il faut toujours craindre avec $POCl^3$.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Extraction, par l'ammoniac liquide, de phénols purs à partir des huiles de goudron.* Note de M. **Robert Jarry**, présentée par M. C. Matignon.

Nous avons indiqué [1] la possibilité d'extraire d'un goudron brut ou d'une huile de goudron la totalité des phénols, par dissolution de ceux-ci dans l'ammoniac liquide. Dans l'exemple indiqué, les phénols sont obtenus à une concentration moyenne (57 pour 100 de phénols dans l'extrait).

On a cherché [2] à obtenir des concentrations plus élevées en ajoutant à l'ammoniac de petites quantités d'autres solvants des phénols tels que l'eau,

---

(1) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 614.
(2) D. R. P., 561183. Gieseler et Hofmann.

l'alcool ou l'acétone, sans arriver toutefois à laisser moins de 5 pour 100 d'hydrocarbures dans le phénol brut obtenu.

Nous avons reconnu qu'il était possible d'obtenir une élimination quantitative des hydrocarbures de ce phénol brut, en lavant celui-ci avec d'autres hydrocarbures, lorsqu'il se trouve encore en solution dans l'ammoniac liquide. Il y a naturellement intérêt à employer, comme hydrocarbures de lavage, des hydrocarbures n'ayant pas, avec les phénols à purifier, des analogies de structure susceptibles de favoriser une dissolution mutuelle.

Par exemple, ce mode opératoire appliqué à une huile de goudron primaire de Bruay a donné les résultats suivants : 1214 parties en poids d'ammoniac ont été mélangées avec 3130 parties de l'huile brute suivante :

Densité	0,85
Fraction soluble dans la lessive de soude	31 pour 100
Distillation (1re goutte)	70°C.
» (point sec)	219°C.

Après agitation, la décantation nous a donné :

a. 1826 parties de phase lourde;
b. 2092 parties de phase légère.

Ces phases ont été soutirées séparément : la première contenait 1710 parties d'hydrocarbures sans traces dosables de phénols.

La deuxième phase, avant toute évaporation de l'ammoniac, a été soumise à plusieurs lavages avec du butane; ces lavages successifs laissent dans l'extrait ammoniacal primitif des teneurs respectives en hydrocarbures (comptées sans l'ammoniac) de 29,7 pour 100, 5,7 pour 100, 2,2 pour 100, traces, néant.

La séparation quantitative des hydrocarbures et des phénols est donc réalisable sans augmentation sensible de complication par rapport à la méthode déjà décrite [1]. Les hydrocarbures de lavage peuvent notamment être choisis de façon à constituer avec les hydrocarbures du goudron des carburants mixtes. Les phénols obtenus présentent la pureté désirable pour la fabrication des résines artificielles ou l'hydrogénation catalytique à faible pression.

---

[1] *Revue de l'Industrie minérale*, n° 286, 15 novembre 1932, p. 408-410.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du chlorure d'allyle β chloré sur les amines primaires aromatiques*. Note de M. **Ch. Dorier**, présentée par M. Delépine.

Un des atomes de chlore du chlorure d'allyle β chloré ou dichloro-1.3-propène possède une assez grande réactivité, ce qui permet l'introduction du groupement chlorallylé ($-CH^2.CH = CHCl$) dans un certain nombre de molécules organiques.

L. Bert [1] a montré qu'avec les combinaisons organomagnésiennes mixtes aromatiques on obtenait des composés ω chlorallylés cycliques de la forme $ArCH^2CH = CHCl$; avec les phénols sodés, des composés $ArOCH^2CH = CHCl$.

Enfin nous avons pu obtenir [2] en faisant agir le dichloro-1.3-propène sur les alcools arylaliphatiques sodés, des éthers oxydes mixtes arylaliphatiques et ω chlorallylés du type : $ArCH^2OCH^2CH = CHCl$.

Nous avons pensé que le dichloro-1.3-propène était susceptible de réagir sur les amines primaires aromatiques. L'expérience a montré que la condensation se faisait normalement en donnant un composé (ω chlorallyl) arylamine et ceci d'après la réaction

$$2Ar.NH^2 + ClCH^2.CH : CHCl = ArCH^2.CH : CHCl + Ar.NH^2, HCl.$$

Cette réaction se fait avec un rendement de 70 pour 100 environ; nous l'avons appliquée à quelques arylamines; aniline, *o*-toluidine, *m*-toluidine. Les composés obtenus donnent normalement des chlorhydrates et des bromhydrates.

L'action de l'amidure de sodium permet d'obtenir très facilement les carbures acétyléniques vrais de type

$$ArNHCH^2C \equiv CH.$$

Pour obtenir les (ω-chlorallyl) arylamines, nous nous sommes arrêté au mode opératoire suivant : dans un ballon de 500^{cm^3} surmonté d'un réfrigérant ascendant et d'une boule à brome, on place 186^g d'aniline (2^{mol}) et 200^{cm^3} de benzène. Le mélange est chauffé au bain d'huile à 80° environ, puis on y ajoute goutte à goutte, 111^g (1^{mol}) de dichloro-1.3-propène.

---

(1) L. Bert, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1504; 192, 1931, p. 1568.
(2) P.-Ch. Dorier, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1325.

Il se forme un magma cristallin, constitué par du chlorhydrate d'aniline; après refroidissement on reprend par l'eau; le chlorhydrate d'aniline se dissout. La couche benzénique est lavée deux fois à l'eau, puis finalement séchée sur chlorure de calcium. Par distillation fractionnée on isole facilement 114^{g} de [ω chlorallyl] aniline. Rendement = 68 pour 100.

Constantes de quelques [ω-chlorallyl] *arylamines.*

	$Éb_{13}$.	d_4^0.	d_4^{13}.	n_D^{13}.
[ω-chlorallyl] aniline............	137°	1,1565	1,1456	1,590
[ω-chlorallyl]-*o*-toluidine........	145	1,1314	1,1228	1,579
[ω-chlorallyl]-*m*-toluidine........	148	1,1328	1,1225	1,576

Nous nous proposons d'étendre cette réaction à d'autres amines et d'étudier les carbures acétyléniques vrais obtenus à partir de ces composés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelles réactions des sucres réducteurs.*
Note de M. **Henri Wuyts**, présentée par M. Delépine.

Avec M[lle] A. Lacourt (*Classe des Sciences de l'Académie de Belgique*, 2 mai 1933), nous avons montré que les aldéhydes et les cétones se condensent facilement sous l'influence de catalyseurs avec les thiohydrazides aromatiques pour donner de nouvelles combinaisons hétérocycliques, les aryldihydrothiodiazols

```
        SH                              S
R.C ⁄       H                  R.C ⁄     ⁀ CH.R'
  ‖         |    + R'CHO  →      ‖            |      + H²O.
  N ———————— N.C⁶H⁵              N —————————— N.C⁶H⁵
```

Cette réaction est très générale et a été appliquée jusqu'ici à toute une série d'aldéhydes et de cétones et de leurs dérivés.

Elle peut être étendue également aux sucres réducteurs et c'est là l'objet de la présente Communication.

Jusqu'ici les essais faits dans cette voie ont porté particulièrement sur l'emploi de l'α-phényl-β-thiobenzoylhydrazide, $C^6H^5NH.NH.CS.C^6H^5$.

Cette hydrazide a été mise en réaction avec quatre oses, à savoir : le glucose, le mannose, le galactose et l'arabinose.

Le mélange pulvérisé de 2^{g} d'hydrazide et de 2^{g} de sucre est additionné de 2$^{cm^3}$ de solution alcoolique d'acide chlorhydrique à 5 pour 100. Introduit dans un tube à

réaction robuste et rendu homogène par agitation au moyen d'une tige de verre, le mélange est plongé pendant quelques instants dans un bain d'eau bouillante. Il rougit d'abord, se liquéfie et ne tarde pas à se prendre en masse. Dans le cas de l'arabinose la solidification est si rapide que l'observation de la liquéfaction en est rendue plus difficile.

La masse réactionnelle est débarrassée de sucre en excès par lavage à l'eau; un traitement par une solution de carbonate sodique (suivi de l'acidification de cette dernière) montre que l'hydrazide a été complètement utilisée ou qu'elle n'a échappé à la réaction qu'en proportion insignifiante.

Les produits de condensation ainsi obtenus avec un rendement élevé sont relativement purs, leur point de fusion n'est que peu modifié par recristallisation. Leur purification a été réalisée par cristallisation dans les alcools éthylique ou méthylique bouillants dilués dans le cas du glucose et du galactose; dans l'alcool concentré pour le mannose, lequel donne un dérivé moins soluble.

Quant au produit de condensation de l'arabinose très peu soluble dans les alcools, il cristallise bien dans un mélange de pyridine et l'eau.

Par analogie avec la constitution admise pour les produits de condensation des aldéhydes et des cétones, nous considérons ces substances comme étant des diphényldihydrothiodiazols substitués en position 2 par des radicaux sucrés.

$$\begin{array}{c} S \\ C^6H^5.C \diagup^{1} \diagdown CH.(CHOH)^n.CH^2OH \\ \| _{5}\quad\quad _{2}| \\ N \!\!\underset{4\quad 3}{\text{———}}\!\! N.C^6H^5 \end{array}$$

($n = 4$ dans le cas des hexoses; $n = 3$ dans le cas des pentoses).

Les quatre arylglycodihydrothiodiazols obtenus sont cristallisés, d'un blanc jaunâtre.

De même que les dihydrothiodiazols, préparés à partir d'aldéhydes et de cétones, ils donnent des réactions colorées en présence d'acide sulfurique et d'un oxydant. L'acide nitrique suffisamment concentré les colore en vert bleu.

En solution dans l'alcool, ils précipitent par le nitrate d'argent. Très peu solubles dans l'eau, ils sont relativement peu solubles à froid dans les solvants organiques usuels.

Leurs points de fusion sont caractéristiques, leur préparation et leur purification sont très aisées; il en résulte que ces substances pourraient rendre des services pour l'identification des sucres.

Ces glycothiodiazols sont optiquement actifs et accusent un pouvoir rotatoire élevé sur lequel nous reviendrons dans une prochaine publication.

Nous donnons ci-dessous leurs points de fusion (en tube capillaire), ainsi que les résultats de leur analyse [1] :

	N pour 100		S pour 100	
	trouvé.	calculé.	trouvé.	calculé.
Glucose (fus. 147-148°)................	7,06	7,18	8,22	8,20
Galactose (fus. 178-179°)..............	7,22	7,18	8,14	8,20
Mannose (fus. 198°).....................	7,18	7,18	8,02	8,20
Arabinose (fus. 222°)..................	7,55	7,77	8,79	8,88

Le fructose ne se comporte pas comme les aldoses. Le mélange de fructose et de thiohydrazide additionné d'acide chlorhydrique alcoolique et chauffé se colore et se liquéfie, mais ne se solidifie pas par la suite. Même en prolongeant le chauffage pendant une dizaine de minutes (alors que les aldoses donnent lieu à solidification après 2 ou 3 minutes), la masse totale reste liquide. Un traitement par l'eau fournit un produit sulfuré rouge brun, soluble dans l'éther, à peu près du poids de l'hydrazide, mais devenu presque insoluble dans le carbonate; il résulte manifestement de l'altération de l'hydrazide.

La réaction a été appliquée aussi au lactose. Ce diholoside donne un produit qui n'a pu être amené à cristallisation jusqu'ici. Nous nous proposons d'étendre ces condensations à d'autres aldhéhydes alcools ou cétones alcools et d'étudier de plus près les conditions de la transformation des sucres déjà utilisés, en opérant en solution et en faisant varier les hydrazides.

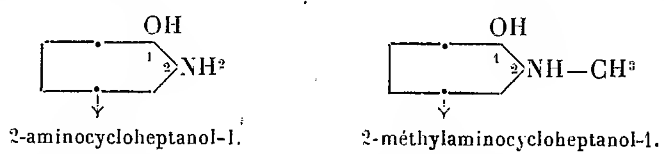
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'obtention d'aminocycloheptanols et leur dédoublement en composés actifs.* Note de MM. **Marcel Godchot** et **Max Mousseron**, présentée par M. Delépine.

Poursuivant nos recherches sur les aminocyclanols et leur dédoublement en composés actifs, il nous a paru intéressant, après avoir publié [2] nos résultats relatifs aux séries hydrocycliques en C^5 et C^6, d'aborder les séries supérieures en vue d'étendre, en particulier, nos connaissances sur la variation de la grandeur du pouvoir rotatoire en fonction du nombre d'atomes de carbone du cycle. La présente Note a pour but de faire connaître le

[1] Mlle A. Lacourt a bien voulu se charger de ces analyses.

[2] *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 981 et 2061; 196, 1933, p. 621 et 1511.

2-aminocycloheptanol-($d+l$) et le 2-méthylaminocycloheptanol-($d+l$)



et les bases actives *d* et *l* provenant de leur dédoublement.

Faisons remarquer qu'il peut exister deux racémiques isomères *cis* et *trans*, tous deux dédoublables du reste, mais le mode d'obtention nous fait penser que les composés obtenus possèdent la configuration *trans*.

A. 2-*amino-cycloheptanol*-1. — Cet amino-alcool, inconnu jusqu'ici, a été préparé par action à 120-130° de l'ammoniaque à 22° B. sur l'époxycycloheptane; le chauffage doit être prolongé plusieurs heures, l'ouverture du pont oxydique étant plus difficile que dans le cas de l'époxycyclohexane.

Cette base se présente sous forme de cristaux incolores (F = 72-73°; Eb_{16} = 129-130°); elle fournit un chlorhydrate cristallisé (F = 115-116°) ainsi qu'un camphorate acide *d* (F = 176-177°; $\alpha_D = +16°,31$); par action de Cl^5P, en milieu chloroformique à 0°, elle conduit à la 2-chlorocycloheptylamine (Eb_{16} = 97-98°). Lors de l'obtention du 2-aminocycloheptanol, on sépare en fin de distillation un liquide fortement visqueux (Eb_{16} = 210°) représentant vraisemblablement la *bis*-(hydroxy-1-cycloheptyl)-amine : $NH[-_{(2)}C^7H^{12}(OH)_{(1)}]^2$, amine secondaire, donnant un dérivé nitrosé cristallisé dans l'alcool absolu en longues aiguilles (F = 220°, dec.).

Le tartrate acide *d* du 2-aminocycloheptanol-1 racémique (F = 179-180°; $\alpha_D = +14°,20$), obtenu par action de l'acide tartrique *d* sur la base en milieu alcool absolu, peut se scinder par cristallisations fractionnées et répétées un grand nombre de fois dans l'alcool éthylique à 85° jusqu'à constance du pouvoir rotatoire, en tartrate acide *d* de la base *l* (prismes assez volumineux peu solubles; F = 197-198°; $\alpha_D = +4°,95$) et en tartrate acide *d* de la base *d* (aiguilles soyeuses plus solubles; F = 152-153°; $\alpha_D = +24°,20$).

En remplaçant initialement l'acide tartrique droit par l'acide tartrique gauche et effectuant les cristallisations fractionnées dans l'alcool à 85°, on sépare le tartrate acide *l* de la base *d* (F = 197-198°; $\alpha_D = -4°,90$), puis le tartrate acide *l* de la base *l* (F = 152-153°; $\alpha_D = -24°,20$).

Des ces tartrates ainsi isolés, on obtient assez facilement par traitement à la potasse et extraction par un mélange d'éther et de chloroforme, les

bases actives *d* et *l* correspondantes ($F = 89$-$90°$; $\alpha_D = \pm 14°,45$; $\alpha_{436}/\alpha_{546} = 1,651$); celles-ci sont nettement cristallisées, fortement alcalines, virent à l'hélianthine ($p = 0^g,119$; SO^4H^2 $n/10 = 9^{cm^3},2$; trouvé $0^g,118$) et fournissent un chlorhydrate ($F = 124$-$125°$).

B. *2-méthylamino-cycloheptanol-1*. — On le prépare par chauffage prolongé à 130° de l'époxycycloheptane et d'une solution alcoolique de méthylamine; il constitue un liquide visqueux ($Eb_{16} = 121$-$122°$) dont le chlorhydrate est fortement hygroscopique.

Le tartrate acide *d* de l'amino-alcool racémique ($F = 129$-$130°$; $\alpha_D = +13°,00$) se dédouble dans l'alcool à 95° additionné de 10 pour 100 d'acétone, en tartrate *d* de la base *l* peu soluble ($F = 156$-$157°$; $\alpha_D = +3°,0$) et en tartrate *d* de la base *d* plus soluble ($F = 115$-$116°$; $\alpha_D = +20°,70$) fournissant les bases actives *d* et *l* qui sont liquides ($Eb_{16} = 118$-$119°$; $\alpha_D = \pm 22°,64$; $\alpha_{436}/\alpha_{546} = 1,652$).

C. Il résulte de ces recherches que le pouvoir rotatoire spécifique des nouveaux amino-cycloheptanols obtenus par nous est très nettement inférieur à celui des bases correspondantes des cycles en C^5 et C^6.

Rappelons en effet que le 2-amino-cyclopentanol-1 et le 2-amino-cyclohexanol-1 actifs possèdent respectivement un pouvoir rotatoire $\alpha_D = \pm 38°,20$, $\alpha_D = \pm 40°,10$; l'introduction d'un CH^2 dans le cycle abaisse donc le pouvoir rotatoire de $+25°,65$ (2-amino-cycloheptanol : $\alpha_D = \pm 14°,45$). Si l'on compare en outre les pouvoirs rotatoires des 2-méthylamino-cyclohexanols actifs ($\alpha_D = \pm 82°,80$) et des 2-méthylamino-cycloheptanols actifs ($\alpha_D = \pm 22°,64$), on constate que la différence est encore plus grande (environ 60°), la substitution à l'azote d'un radical méthylé n'ayant élevé le pouvoir rotatoire de l'amino-cycloheptanol actif que de 8°,20, alors que pour l'amino-cyclohexanol l'exaltation est de 42°,70.

Cette variation assez brusque dans la grandeur du pouvoir rotatoire pourrait, d'après nous, être attribuée à une structure spatiale différente du cycle en C^7 provoquant une modification de la position relative des fonctions OH et NH^2. Ce fait nous paraît en effet susceptible d'être rapproché dans une certaine mesure de ceux signalés par Derx [1], dont les travaux sur les cycloheptane-diols *cis* et *trans* semblent avoir assez nettement montré la souplesse du système hydrocyclique à 7 atomes de carbone.

---

[1] *Recueil des Travaux chimiques Pays-Bas*, **41**, 1922, p. 327.

MINÉRALOGIE. — *Sur la reproduction de la laurionite et la préparation de l'oxybromure de plomb.* Note de Mme **N. Demassieux**, présentée par M. G. Urbain.

L'oxychlorure de plomb se trouve sous deux formes cristallographiquement distinctes : la laurionite cristallisant dans le système rhombique, de densité 6,241 et la paralaurionite, monoclinique, de densité 6,05.

En partant d'une solution aqueuse saturée de chlorure de plomb et en la maintenant en tubes scellés un temps variable depuis 3 jours à 3 mois environ, j'ai obtenu des cristaux atteignant parfois 1^{cm} de longueur. La température convenable pour provoquer l'hydrolyse varie de 100° à 200°. Pourtant pour obtenir de très beaux cristaux on ne doit pas dépasser 130°. Au-dessus de cette température, le verre s'attaque et les cristaux d'oxychlorure se trouvent mélangés avec des impuretés.

L'analyse des cristaux a accusé une composition identique à celle de la laurionite : PbOHCl.

Calculé : Pb = 79,76 pour 100; Cl = 13,68 pour 100; densité = 6.241.
Trouvé : Pb = 79,61 pour 100; Cl = 13,70 pour 100; densité = 6,25.

L'étude des Röntgenogrammes obtenus par la méthode de Laue a montré l'identité de structure des cristaux obtenus par l'hydrolyse du chlorure de plomb et de la laurionite. Le bromure de plomb en solution saturée chauffé en tubes scellés a donné lieu à une réaction analogue. L'hydrolyse se fait plus facilement, et les cristaux d'oxybromure de plomb PbOHBr sont de plus grandes dimensions.

L'examen aux rayons X a montré que ce corps a une structure analogue à celle de l'oxychlorure de plomb.

L'analyse des cristaux accuse la formule PbOHBr :

Calculé : Pb = 68,10 pour 100; Br = 26,30 pour 100.
Trouvé : Pb = 68,13 pour 100; Br = 26,27 pour 100.

La nature du récipient dans lequel le liquide est chauffé exerce une influence. L'hydrolyse se fait moins bien dans le pyrex que dans le verre vert. Après 3 jours de chauffage à 150° dans les tubes de pyrex, l'hydrolyse commence à peine, tandis que dans les tubes de verre elle est presque complète. En prolongeant le chauffage pendant 3 mois, nous avons obtenu les

cristaux de l'oxychlorure de plomb dans les tubes de pyrex et presque pas de réaction avec le bromure de plomb, tandis que dans les tubes de verre c'est l'oxybromure de plomb qui se produit le plus facilement.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Mesure de la conductibilité électrique de l'air par une méthode de zéro*. Note de M[me] **O. Thellier**, présentée par M. Ch. Maurain.

La conductibilité électrique de l'air se mesure ordinairement par la méthode de Gerdien; cette méthode consiste à faire passer un courant d'air assez rapide à travers un condensateur cylindrique entre les armatures duquel on crée un champ qui dirige les ions. Un électromètre relié à l'électrode interne mesure l'afflux des ions sur cette électrode.

On montre facilement (¹) que la conductibilité due aux ions de signe opposé à celui de Q est

$$\lambda = -\frac{1}{4\pi Q} \times \frac{dQ'}{dt},$$

Q est la charge de la partie du conducteur soumise à l'afflux des ions, dQ' est la charge acquise par tout le conducteur isolé pendant le temps dt.

J'ai étudié et employé une modification de cette méthode qui en fait une méthode de zéro. Les charges Q et dQ' sont mesurées par le jeu d'un condensateur auxiliaire qui fournit des charges équivalentes, et l'électromètre sert seulement, comme appareil de zéro, pour le contrôle de cette équivalence.

Appareil. — L'électrode interne du condensateur de Gerdien reliée à l'aiguille de l'électromètre est reliée à l'armature interne du condensateur auxiliaire I. L'armature externe de ce condensateur peut être portée, à l'aide d'un potentiomètre P, à des potentiels variables V' mesurés au moyeu d'un voltmètre. On peut ainsi agir par influence sur le conducteur isolé de manière à le maintenir constamment au potentiel zéro (c'est la méthode classique de Townsend pour la mesure des charges employée, en particulier, par Langevin dans les mesures du nombre d'ions de l'air).

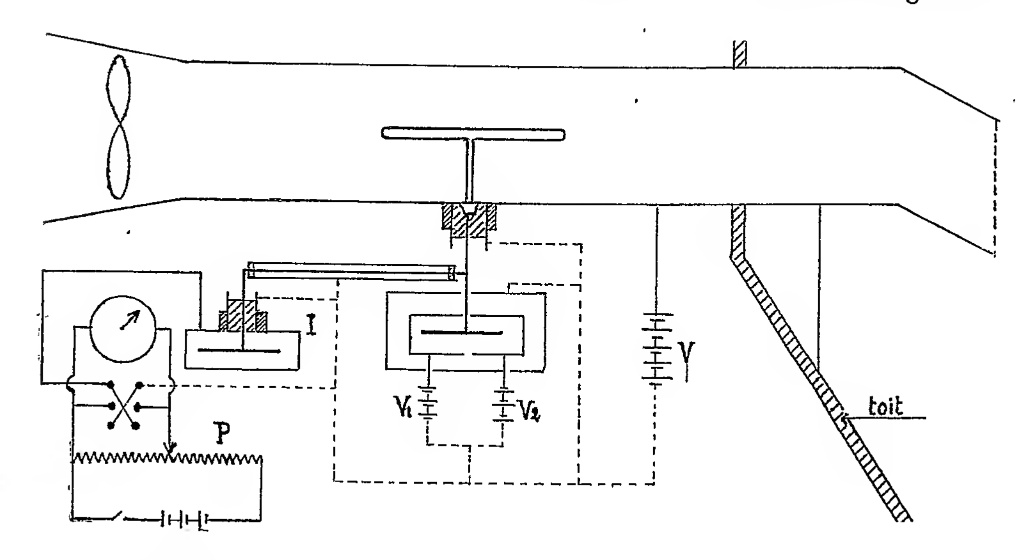
L'électromètre utilisé est un électromètre Lindemann dont les plateaux sont portés à des potentiels V_1 et V_2 de l'ordre de 20 volts; sa sensibilité

(¹) *Traité d'Électricité atmosphérique et tellurique*, publié sous la direction de M. Mathias, p. 108.

est d'environ 100 divisions par volt. Le condensateur I est un condensateur Moulin Beaudouin dont le coefficient d'influence Γ de l'armature externe sur l'armature interne est de 30 unités e. s.

Principe de la mesure. — On mesure directement les grandeurs Q et dQ'/dt de la formule donnant λ.

1° *Mesure de* Q. — On se place dans les conditions suivantes : pas de courant d'air, armatures externes du gerdien et du condensateur auxiliaire I à la masse, donc : $V=0$, $V'=0$. On porte l'armature externe du gerdien



au potentiel V, l'électromètre dévie et pour le ramener au zéro il faut porter l'armature externe de I au potentiel V'. Le conducteur étant isolé sa charge n'a pas changé et la somme des charges d'influence est nulle; d'où

$$CV+\Gamma V'=0,$$

C et Γ étant respectivement les coefficients d'influence, sur le conducteur isolé, des armatures externes du gerdien et du condensateur I.

Mais $-CV$ est la charge Q de la partie du conducteur isolé soumise à l'afflux des ions; d'où

$$Q=\Gamma V'.$$

2° *Mesure de* dQ'/dt. — L'armature externe du gerdien a été portée au potentiel V, le courant d'air est établi. Les charges apportées par les ions sur l'électrode interne tendent à faire dévier l'électromètre; on maintient celui-ci au potentiel zéro en faisant varier le potentiel de l'armature externe

de I. Si $\Delta Q'$ est la charge apportée par les ions pendant le temps Δt, et si $\Delta V'$ est la variation de potentiel qu'il a fallu appliquer à l'armature externe de I

$$\Delta Q' = -\Gamma \times \Delta V',$$

d'où

$$\lambda = \frac{1}{4\pi} \times \frac{1}{\Delta t} \times \frac{\Delta V'}{V'}.$$

La mesure ainsi conduite ne comporte donc qu'une mesure de temps et deux lectures à un voltmètre; ces mesures peuvent se faire avec une grande précision; la méthode est par suite simple et précise. D'autre part l'électromètre étant très sensible la mesure peut être rapide; je la fais en 4 minutes environ; en augmentant la sensibilité de l'électromètre, ce qui est facile, et en prenant un voltmètre plus sensible (0 à 1 volt) on peut réduire la durée d'une mesure à 1 ou 2 minutes. Enfin il n'y a pas de fuite naturelle; l'ambre en effet n'est pas soumis à des différences de potentiel, les anneaux de garde et le conducteur isolé étant toujours au potentiel zéro.

Le dispositif décrit est monté à l'Institut de Physique du Globe où je poursuis une série de mesures régulières dont voici quelques exemples.

Résultats des mesures du 20 *au* 26 *mai* (en 10^{-4} unité e. s.).

	9h.		11h.		14h.		16h.		18h.	
Dates.	λ_+.	λ_-.	λ_+.	λ_-.	λ_-.	λ_-.	λ_+.	λ_-.	λ_+.	λ_-.
20 mai.....	0,39	0,37	0,40	0,38	0,45	0,36	0,42	0,49	0,58	0,52
22 »	–	–	0,17	0,10	0,40	0,36	0,34	0,37	0,26	0,36
23 »	0,14	0,08	0,16	0,15	0,30	0,29	0,29	0,29	0,18	0,17
24 »	–	–	0,22	0,17	–	–	0,22	0,21	0,22	0,19
26 »	0,19	0,18	0,17	0,20	0,23	0,16	0,19	0,15	0,15	0,15

PALÉONTOLOGIE. — *Présence d'une prémolaire chez l'*Elephas imperator *Leidy*. Note de MM. **G. Pontier** et **R. Anthony**, présentée par M. Ch. Barrois.

L'*Elephas imperator* décrit par Leidy en 1857 (Pliocène du Niobrara) est le seul représentant en Amérique des Archidiscodontes dont l'*Elephas planifrons* Falc. et Cautl. constitue le type le plus ancien, par conséquent la forme la plus primitive des vrais Éléphants.

Les molaires de l'*Elephas imperator* sont brachyodontes et à table très large; leur ruban d'émail, épais et festonné extérieurement (les plicatures

n'intéressant pas toute l'étendue du cordon), rappelle ce que l'on observe chez l'*Elephas meridionalis* Nesti.

La formule dentaire de l'*Elephas imperator* peut être figuré comme il suit :

$$\frac{\mathrm{M}t^2\,? + \mathrm{M}t^3 x(6-7)x + \mathrm{M}t^1 x(9-10)x}{\mathrm{M}t_2\,? + \mathrm{M}t_3 x(6-7)x + \mathrm{M}t_1 x(9-10)x} + \frac{\mathrm{M}^1 x(-9-)x + \mathrm{M}^2 x(12+13)x + \mathrm{M}^3 x(18-19)x}{\mathrm{M}_1 x(9-10)x + \mathrm{M}_2(x\,12-13)x + \mathrm{M}_3 x(18-20)x}$$

Seul jusqu'à présent, parmi les Eléphants vrais, l'*Elephas planifrons* (Falconer) et l'*Elephas trogontheri* Pohlig (G. Pontier) avaient été signalés comme possédant des vestiges d'une seconde dentition jugale, c'est-à-dire des prémolaires.

L'un de nous (G. Pontier), en étudiant une mandibule d'*Elephas imperator* provenant de Chapala (Mexique) et qui fait partie de ses collections, a pu isoler une prémolaire inférieure P_4 située sous la dernière molaire de lait (Mt_4). Cette mandibule provient d'un animal jeune : elle porte M_1 au début de l'usage et M_2 à l'état de bourgeon enfoui dans l'alvéole, un accident ayant fait tomber Mt_4 qui était vraisemblablement à la fin de son usage. Peut-être existait-il une prémolaire plus antérieure mais la pièce ne permet pas de le constater.

La prémolaire de l'*Elephas imperator* (P_4) offre, comme celle de l'*Elephas planifrons*, un talon postérieur et un talon antérieur, tuberculés, et deux lames multidigitées. La racine de la dent est bifurquée.

Il résulte en somme de ceci que, chez les Archidiscodontes, les plus anciens des Eléphants vrais, et même chez certains Polydiscodontes anciens (*Elephas trogontheri*), il se produisait encore, comme chez les Mastodontinae les plus évolués (*Dibelodon latidens* Falconer) et les Stegodontinae (*Stegodo Clifti* Falc.) un développement total ou partiel de la série des dents jugales de seconde dentition (prémolaires).

BOTANIQUE. — *Le terreau des Frênes écimés.* Note de M. **Philippe Hagene**, présentée par M. Molliard.

Comme les Saules (¹), les Frênes écimés (taillés en têtards) sont susceptibles de porter une végétation épiphyte, enracinée dans une sorte de

(¹) Voir Philippe Hagene, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1333.

terreau accumulé à l'extrémité supérieure du tronc; mais le bois du Frêne étant beaucoup plus résistant que celui du Saule, la cavité est assez souvent peu profonde et paraît due autant aux bourrelets des branches nouvelles qu'à une décomposition des tissus de l'arbre.

Pour Rob. Stäger (¹), qui étudia l'épiphytisme en Suisse, le substratum dans lequel se développent les racines des épiphytes sur les Saules « têtards » est différent de celui qui existe sur les Frênes écimés. Sur les Saules, il serait constitué surtout par de la vermoulure, c'est-à-dire des débris ligneux plus ou moins décomposés. Sur les Frênes, il s'agirait d'humus formé à partir de poussières minérales accumulées et de débris de feuilles.

Nous avons étudié trois échantillons de terreau, les deux premiers provenant des Frênes têtards d'une haie vive dans les prés à Brochon (Côte-d'Or); le troisième, provenant de Fixin (Côte-d'Or), a été recueilli dans des conditions analogues.

Ces échantillons de terreau sont de teinte foncée, presque noire. La portion fine (passant au tamis à mailles de 2^{mm}) constitue à peu près 50 pour 100 du tout; le reste consiste en débris d'écorce, de feuilles, de fruits du Frêne; il y a beaucoup de racines fines, de nombreux petits fruits et graines, ainsi que quelques petites coquilles de gastéropodes.

La perte par calcination pour ces échantillons est très voisine de celle du terreau des saules : 78,2, 87,7 et 76,0 pour 100.

Aucun des échantillons ne renfermait de calcaire; malgré cela, les deux échantillons (nᵒˢ 1 et 3), dont nous avons pu mesurer le pH, ne présentaient qu'une réaction faiblement acide (pH = 6,4); c'est, très sensiblement, le pH moyen du terreau des Saules (6,6).

Les trois échantillons renfermaient respectivement 13,9, 12,8 et 14,03 de matières solubles dans l'eau; par rapport à la terre fine, la proportion des matières minérales de l'extrait était de 2,67, 2,03 et 2,81 pour 100. Nous avions trouvé dans le terreau des Saules entre 6,5 et 8,5 pour 100 de substances solubles dans l'eau dont 1,6 à 2,6 pour 100 de matières minérales.

Séchés à l'air, les échantillons renfermaient 19,5, 14,8 et 16,6 pour 100 d'eau, proportions légèrement plus fortes que celles du terreau des Saules (12,5 à 14,5).

Comme les dosages précédents le laissaient prévoir, le coefficient d'hygroscopicité, déterminé suivant la méthode de Mitscherlich, et, par

(¹) *Mitt. d. naturf. Ges. in Bern*, 1908-1909.

suite, le coefficient de fanaison de ce terreau sont très voisins de ceux du terreau des Saules.

Coefficients d'hygroscopicité : 25,6, 27,02 et 2,9.
Coefficients de fanaison (calculé par la formule de Briggs et Shantz) : 45,5, 48,3 et 40,9. Pour le terreau des Saules, ce dernier coefficient variait entre 41,1 et 46,8.

Il semble donc que le terreau des Frênes écimés, comme celui des Saules écimés, soit d'origine purement végétale, ainsi que le montre la proportion de matières minérales qu'il renferme ; les poussières minérales ne paraissent pas jouer un rôle important dans sa formation. La seule différence notable est la proportion plus élevée des matières solubles dans l'eau que renferme le terreau des Frênes. Ceci est peut-être dû à un drainage imparfait, l'arbre n'étant pas complètement excavé comme c'est le cas à peu près constant pour les Saules.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur le rôle des colloïdes protecteurs dans la stabilité des vins.* Note de M. **J. Ribéreau-Gayon**, présentée par M. P. Viala.

Dans les vins blancs apparaissent fréquemment des troubles d'origine métallique, dont les mécanismes débutent par des réactions chimiques que je rappelle schématiquement. 1° Lorsqu'un vin blanc riche en fer ou en acide phosphorique est aéré pendant quelques jours, le fer, qui à l'abri de l'air est totalement à l'état bivalent, subit une oxydation progressive et partielle en fer trivalent, donnant avec l'acide phosphorique un phosphate insoluble. 2° Lorsqu'un vin blanc riche en cuivre et contenant de l'acide sulfureux est maintenu, un temps suffisant, à l'abri complet de l'air, le composé cuivrique est réduit par les éléments oxydables du vin, et il réduit à son tour l'acide sulfureux avec formation de sulfure cuivrique. Les troubles correspondants sont appelés, le premier casse ferrique, et le second casse cuivreuse ou trouble par réduction. Mais la formation du phosphate ferrique ou du sulfure de cuivre ne détermine pas fatalement l'apparition d'un trouble.

J'avais déjà observé que la filtration ordinaire, avec obtention d'une limpidité parfaite, d'un vin atteint de casse ferrique retient cependant moins, parfois beaucoup moins, de phosphate ferrique qu'une ultrafiltration; par exemple dans un vin la concentration en fer total est de 34^{mg} par litre, en fer III total de 24^{mg}, en fer III engagé dans le phosphate ferrique retenu par l'ultrafiltre de 18^{mg}, en fer III retenu par une

filtration ordinaire de 8^{mg} par litre. Par conséquent, dans un vin atteint de casse ferrique une fraction du phosphate ferrique formé est en solution colloïdale limpide.

J'avais également observé, en ce qui concerne la casse cuivreuse, que des bouteilles restées limpides pendant plusieurs mois se troublent parfois en 24 heures, à la suite d'une légère agitation : et que, dans des vins ayant été chauffés et additionnés de cuivre, le trouble n'apparaît pas, le cuivre passant cependant à l'état de sulfure de cuivre colloïdal retenu par l'ultrafiltre. (Il convient de bien noter que normalement le fer et le cuivre ne sont pas retenus par l'ultrafiltration ; ils ne sont pas engagés dans des colloïdes, mais bien à l'état d'ions et de sels ou complexes.)

Ces premières observations permettaient de prévoir que si les troubles métalliques débutent par des réactions chimiques, ils s'achèvent par la floculation du colloïde résultant de ces réactions, le trouble n'apparaissant que dans la mesure où se produit cette floculation, dont les facteurs sont ainsi des facteurs de ces troubles.

J'ai pu mettre expérimentalement en évidence que cette floculation est facilitée ou déterminée par les matières albuminoïdes, et qu'elle est génée ou empêchée par la présence de gommes.

En effet, l'addition d'une matière albuminoïde coagulable dans le vin, ichthyocolle ou gélatine, engendre toujours, dans les cas précédents, la floculation complète du phosphate ferrique ou du sulfure de cuivre, et par conséquent leur séparation aussi parfaite que l'ultrafiltration. (On remarque que précisément les matières albuminoïdes sont dans le vin, à $pH = 3$ environ, chargées positivement et que le sulfure de cuivre est un colloïde négatif.)

Inversement, j'ai constaté que les gommes du vin, séparées par ultrafiltration, et surtout la dextrane, matière gommeuse précipitable par l'alcool sous forme de filaments caractéristiques et séparée en partie par une filtration ordinaire, s'opposent à cette floculation. En retenant la dextrane, dont le « pouvoir protecteur » se manifeste pour des concentrations infimes, de l'ordre du milligramme par litre, la filtration des vins facilite les casses métalliques, fait connu depuis longtemps, mais qui n'avait jamais été expliqué.

De même, l'addition de gomme arabique, colloïde protecteur par excellence (ou de gomme adragante, dont la précipitation par l'alcool est identique à celle de la dextrane), confère, aux vins blancs susceptibles de casses métalliques une stabilité remarquable.

J'ai effectué sur ce sujet des expériences systématiques avec un grand nombre de vins. Par exemple, une casse ferrique, d'intensité moyenne, correspondant à la précipitation de 8 à 10^{mg} de fer par litre, est enrayée par une addition de 200^{mg} par litre de gomme arabique ; des casses plus intenses nécessitent des additions plus importantes, mais le vin aéré, sans avoir le trouble intense et le dépôt du témoin, présente, lorsqu'il se trouve éclairé latéralement sur fond noir, un effet Tyndall dû au phosphate ferrique colloïdal non floculé, et parfois sa teinte noircit plus ou moins.

La casse cuivreuse, qui correspond à des quantités infimes de cuivre précipité, de l'ordre du milligramme par litre, est complètement enrayée par de faibles additions de gomme arabique, de 50 à 200^{mg} par litre, et les vins restent limpides dans des conditions où les témoins se troublent fortement. Une addition de 10^{mg} par litre possède déjà un effet protecteur manifeste. L'effet Tyndall dû au sulfure de cuivre

non floculé est pratiquement négligeable, à moins que la teneur en cuivre du vin ne soit très élevée, de 5^{mg} par litre, par exemple, dose tout à fait exceptionnelle.

En somme, dans un vin additionné de gomme, les réactions chimiques des casses métalliques s'accomplissent normalement, mais la floculation, et par conséquent, le trouble n'apparaissent pas : on constate aisément que le phosphate ferrique et le sulfure de cuivre se sont bien formés dans les vins restés limpides, aussi bien que dans les témoins devenus troubles, par addition d'une matière albuminoïde qui entraîne, en se coagulant, la floculation de ces colloïdes dont on retrouve les éléments dans les flocons de colle. L'effet protecteur de la gomme arabique présente donc, dans l'étude théorique des casses métalliques, le grand intérêt de décomposer très distinctement leur processus en deux temps : réactions chimiques et floculations du colloïde formé, d'abord en solution limpide et de montrer la nécessité de bien séparer les facteurs agissant sur l'un ou l'autre de ces deux temps.

Mais l'emploi de la gomme arabique semble bien présenter, en outre, un intérêt pratique très grand : produit naturel et utilisé dans l'alimentation, elle est, à des concentrations infimes, par son effet protecteur qui s'ajoute à celui des gommes que renferment naturellement les vins, un agent très efficace de stabilisation.

PHYSIOLOGIE. — *Diurèse normale.*

Note de M. **Jules Amar** présentée par M. d'Arsonval.

I. La plupart des aliments et boissons accroissent le taux normal des urines; ils sont plus ou moins *diurétiques*. La quantité d'urines est proportionnelle à l'énergie du métabolisme, chaque centimètre cube exprimant 1^{cal},72 de cette énergie ([1]).

Comment agissent les diurétiques? Cette question est une des plus obscures de la Physiologie. Les expériences que nous poursuivons y apporteront peut-être quelque clarté. Elles montrent déjà que la *diurèse* due à certains aliments obéit toujours au métabolisme, c'est-à-dire relève de l'hydrothermie.

II. *Observations sur la bière.* — La bière est un diurétique répandu; celle que nous étudions a un pouvoir énergétique de 58^{cal} par 100$^{cm^3}$ (33^{cal},9 en alcool, 24^{cal},1 en protides et glucides).

([1]) Jules Amar, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1758 et 2231.

On opère sur un homme adulte qui, dans une salle à 16°, et de 15^h à 16^{h}15^m, donne 51$^{cm^3}$ *d'urines en 75 minutes*, le repas étant pris à midi.

Les jours suivants, sans rien changer, on lui fait absorber 200$^{cm^3}$ de bière, à 14^h; c'est un apport de 116^{cal}. Or, de 15^h à 16^{h}15^m, la diurèse fut de 84$^{cm^3}$, en augmentation de

$$84 - 51 = 33^{cm^3}.$$

Considérant toute la période 14^h à 16^{h}15^m, avec et sans bière, on obtient 163$^{cm^3}$ et 90$^{cm^3}$, soit une augmentation de 73$^{cm^3}$. L'effet diurétique persiste encore un peu, 2$^{cm^3}$ entre 16^{h}15^m et 16^{h}30^m; soit au total 75$^{cm^3}$ *en* 150 *minutes*.

C'est le même excédent de diurèse que donne la période plus longue 13^h-16^{h}30^m, la bière étant absorbée comme d'habitude à 14^h. On a, en moyenne (T = 16°-17°):

Avec 200$^{cm^3}$ de bière...........	255$^{cm^3}$ d'urines
Sans bière.....................	181 »
Différence..............	74 »

A une température extérieure de 24-25°, les résultats sont 192 et 120, différence 72$^{cm^3}$.

On peut adopter, dans l'ensemble, un excès de diurèse égal à 75$^{cm^3}$ ou $75 \times 1,72 = 129^{cal}$.

III. *Métabolisme et diurèse.* — Quel est le déterminisme de cette diurèse? Observons, tout d'abord, que les 200$^{cm^3}$ de bière représentent un apport d'énergie de

$$58 \times 2 = 116^{cal},$$

tandis que la diurèse supposerait un accroissement de métabolisme de 129^{cal}. L'écart est de 12^{cal}, en faveur de celui-ci, et il est de fait que *l'eau* le stimule, augmentant le taux d'urée et de combustion (¹). Dans les 200$^{cm^3}$ de bière, il y a 170$^{cm^3}$ d'eau. Nous faisons alors absorber cette quantité d'eau à 15^h, la bière l'ayant été à 14^h, et toutes choses égales. On récolte 11$^{cm^3}$ d'urines en plus, ou

$$11 \times 1,72 = 18^{cal},9,$$

soit un total de

$$116 + 19 = 135^{cal},$$

assez concordant avec l'énergie métabolisée de 129^{cal}.

(¹) HERNE, *Upsala Läk. Forhand.*, 17, 1912, p. 347; BING et MENDEL, *Am. J. of Physiol.*, 98, 1931, p. 169.

Il semble par conséquent, que *la bière est un diurétique nutritif, élevant le métabolisme.* L'expérience ne laisse aucune place pour une explication *névrosécrétoire*, qui est la plus commode mais la moins justifiée. Le principe du houblon, la *lupuline*, serait narcotique plutôt que stimulant. Et l'eau n'agit par aucun principe, sinon qu'elle active les combustions cellulaires; ainsi elle nourrit le jeûneur. Le parallélisme entre certaines diurèses et l'intensité des oxydations au niveau des reins, nettement constaté, se reproduit dans nos expériences (1). Et nous sommes en présence d'une *diurèse glomérulaire* par hydrothermie métabolique, comme dans le cas général.

Cela éclaire nombre de faits : On prend un bock de bière fraîche (à 2°) par temps chaud, et l'on transpire. C'est que cette bière assure un gain de 135^{cal}, contre 6 à 7^{cal} que sa fraîcheur enlève au corps. A cet égard, l'eau fraîche, en calmant la soif et provoquant une diurèse sans fournir d'énergie, constitue *la meilleure boisson d'été.* Toute boisson nutritive (vins, bières, jus de fruits) est à éviter.

CONCLUSION. — *La diurèse normale semble obéir, au moins dans le cas de la bière et de l'eau, à un accroissement parallèle du métabolisme excluant toute intervention des nerfs sécrétoires.*

PHYSIOLOGIE. — *Influence de la constitution des lipides sur l'évolution de l'avitaminose* B *totale et généralité du besoin de vitamines* B *dans l'utilisation des lipides par l'organisme du Pigeon.* Note de MM. **Raoul Lecoq** et **Jean Savare**, présentée par M. A. Desgrez.

On sait que l'introduction de 20 à 40 pour 100 de lipides, spécialement sous forme de saindoux, dans des régimes artificiels à base de protides non peptonisés, diminue considérablement la quantité de vitamines B nécessaire à l'utilisation de la ration alimentaire, qu'il s'agisse du Rat ou du Pigeon. Plutôt que d'une action d'épargne vraie, exercée par les lipides vis-à-vis des vitamines B, il semble qu'il s'agisse ici d'une meilleure réalisation des conditions d'équilibre de la ration alimentaire, lesquelles sont parfois assez strictes, notamment quand le glucide utilisé est du lactose (2). D'ailleurs, la rapidité d'évolution de l'avitaminose B totale, en présence de ce même lactose, n'est en rapport ni avec la proportion de glucides ni avec

(1) Barcroft et Straub, *Journ. of Physiol.*, 41, 1911, p. 145.
(2) Mme L. Randoin et R. Lecoq, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1188.

la proportion de lipides ingérés ([1]). En outre, comme l'un de nous l'a établi récemment, les vitamines B seraient indispensables, non seulement à l'utilisation des glucides et des protéides, mais encore à l'utilisation des lipides ([2]).

Toutefois, la généralité de ce besoin restait à démontrer en s'appuyant sur une assez grande variété de lipides végétaux et animaux, de constitution chimique très différente. A cet effet, nous avons utilisé les huiles d'arachide, de lin, d'olive, de palme, de ricin, les beurres de coco et de cacao, l'huile de foie de morue naturelle et hydrogénée, dont nous donnons ci-après l'acidité et les indices d'iode et de saponification :

	Acidité p. 100 en ac. oléique.	Indice d'iode (Hanus).	Indice de saponification.
Huiles.			
Huile d'arachide	1,41	91,4	190,2
» de lin	1,49	177,8	190,9
» de foie de morue	0,79	160,5	187,3
» d'olive	0,31	76,2	189,2
» de ricin	1,12	83,8	180,8
Graisses.			
Beurre de cacao	0,87	36,5	192,6
» de coco	0,25	5,8	252,0
Huile de foie de morue hydrogénée	14,66	31,2	196,5
» de palme	27,07	56,3	205,3
Saindoux (Axonge)	1,97	51,3	193,7

Ces lipides ont été incorporés, à la dose de 50 pour 100, dans le *régime L*, initialement préconisé par R. Lecoq, en adaptant les proportions de paraffine (ou d'huile de paraffine) à la consistance propre du corps gras essayé. Nous donnons, à titre d'exemple, la composition du régime à base d'huile de palme utilisé : peptone de viande, 25; graisse de beurre, 4; huile de palme, 50; mélange salin, 6; agar-agar, 8; papier filtre, 2; paraffine, 2; huile de paraffine, 3.

Dix séries de 3 lots de 4 pigeons adultes de 350^g environ ont été constituées, correspondant aux dix lipides étudiés. Le premier lot recevait la ration *seule*, par gavage, à la dose de 15^g par jour; le second lot, la ration additionnée à titre *préventif* de 0^g,75 de levure de bière sèche, donnée

([1]) R. Lecoq, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 565.
([2]) R. Lecoq, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 827.

comme source de vitamines B ; le troisième lot enfin, la ration seule jusqu'à apparition des premières crises polynévritiques, la levure de bière étant alors ajoutée à titre curatif.

Les résultats obtenus ont été schématisés dans le tableau suivant, où les lipides se trouvent classés d'après les survies observées sur les différents lots d'animaux :

	Premier lot (sans levure).	Deuxième lot (levure à titre préventif).	Troisième lot (levure à titre curatif).
Huiles.			
Huile de ricin	20–35 jours	20–35 jours	20–35 jours
» d'olive	20–35 »	>4 mois	>4 mois
» d'arachide	25–40 »	>4 »	>4 »
» de lin	30–50 »	>4 »	>4 »
» de foie de morue	35–55 »	>4 »	>4 »
Graisses.			
Huile de foie de morue hydrogénée	15–30 jours	>4 mois	>4 mois
Saindoux	25–40 »	>4 »	>4 »
Beurre de coco	30–45 »	>4 »	>4 »
Huile de palme	30–45 »	>4 »	>4 »
Beurre de cacao	35–50 »	>4 »	>4 »

Interprétation et conclusions. — I. Chez le Pigeon, de larges proportions de lipides dans un régime alimentaire (privé par ailleurs de vitamines B et de glucides) n'empêchent en aucun cas l'apparition de crises polynévritiques typiques.

II. L'avitaminose B totale évolue d'autant plus rapidement, chez le Pigeon, que les lipides sont plus riches en acides gras non saturés (huiles de lin, de foie de morue), dans le cas des huiles tout au moins. L'interprétation semble plus complexe dans le cas des graisses.

III. L'addition de vitamines B (sous forme de levure de bière), à une ration alimentaire riche en lipides, suffit à prévenir ou guérir la polynévrite qui se déclare très régulièrement en son absence (sauf dans le cas de l'huile de ricin).

IV. La généralité du besoin de vitamines B dans l'utilisation des lipides par l'organisme du Pigeon apparaît démontrée.

V. La présence d'huile de ricin dans un régime est, pour le Pigeon, une cause de déséquilibre alimentaire telle que l'addition préventive ou curative de levure à la ration se montre sans efficacité.

PHARMACODYNAMIE. — *Action de la spartéine sur les effets vasoconstricteurs de quelques composés adrénaliniques.* Note de M. **René Hazard**, présentée par M. A. Desgrez.

Les effets d'hypertension artérielle et de vasoconstriction rénale produits par une même dose de quelques composés de formule et d'action voisines de celles de l'adrénaline ont été, par comparaison avec celle-ci ([1]), étudiés sur des chiens chloralosés, à vagues sectionnés et soumis à la respiration artificielle, avant, puis après l'injection intraveineuse de $0^{g},01$ à $0^{g},02$ de sulfate de spartéine par kilogramme ([2]).

Si, avant d'injecter la spartéine on répète les injections d'une même dose faible du *principe vasoconstricteur du genêt* ([3]) on constate parfois que la vasoconstriction rénale et, à un moindre degré, l'hypertension artérielle produites s'accroissent progressivement en intensité et, surtout, en durée jusqu'à un maximum que la spartéine, aux doses indiquées, n'augmente plus en général, mais prolonge encore. Quand cet effet maximum est atteint d'emblée; la spartéine prolonge de même les effets du genêt mais ne les renforce guère que sur le rein. L'effet renforçateur propre du genêt semble pouvoir être rapporté, au moins en partie, à sa teneur en spartéine ([4]). Ceci expliquerait qu'il s'observe surtout avant vagotomie et que ce principe puisse lui-même, à dose suffisante, augmenter, comme il le fait souvent, les effets vasculaires et surtout rénaux de l'adrénaline.

La spartéine n'empêche pas la diminution progressive des effets hypertenseurs des injections répétées de doses même assez faibles d'*éphédrine* (éphédrine gauche racémique) ([5]) ; elle ne renforce pas l'action vasoconstrictive rénale de celle-ci.

La spartéine ne renforçant pas l'action purement musculaire du *chlorure*

([1]) R. Hazard, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 130.

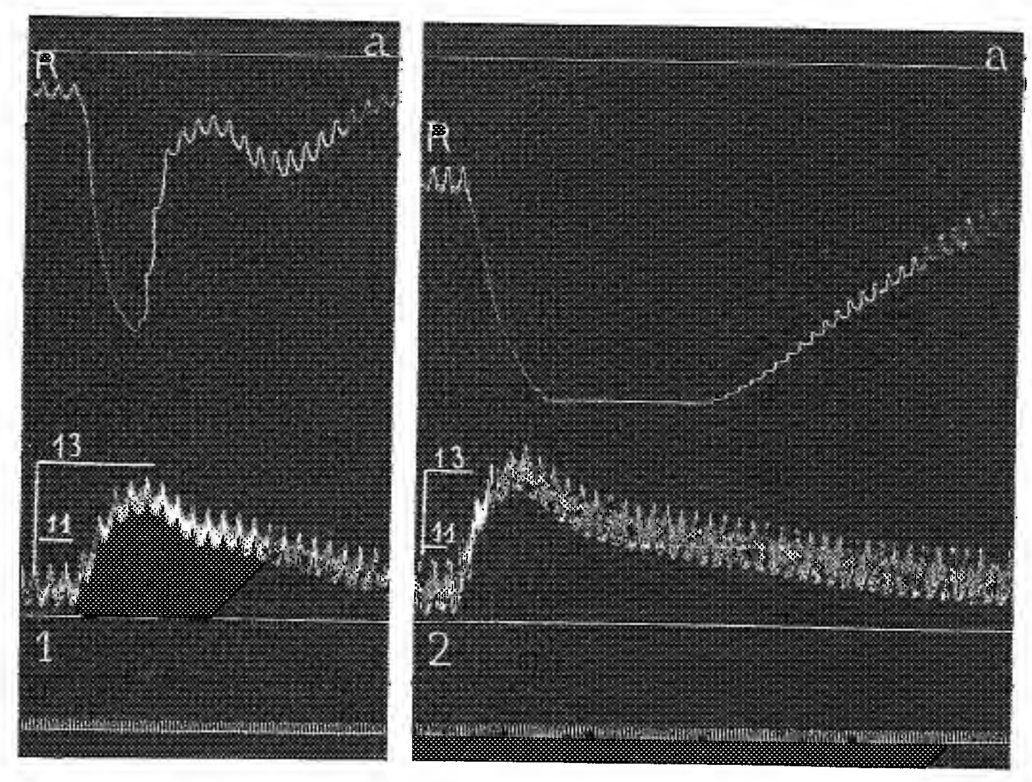
([2]) Cette dose n'est peut-être pas la dose optima pour tous les vasoconstricteurs : le cas du genêt le prouve; on l'a choisie comme terme de comparaison.

([3]) H. Busquet et Ch. Vischniac, *C. R. Soc. Biol.*, 87, 1922, p. 1116.

([4]) Cette teneur est pourtant très faible : $0^{g},001$ environ par centimètre cube. Ceci montre l'extrême activité de la spartéine tout spécialement en présence du genêt.

([5]) Tout au plus la spartéine semble-t-elle réactiver les faibles quantités d'éphédrine qui restent encore dans le sang circulant quand leur effet vasoconstricteur est terminé. Cette reprise de l'hypertension par la spartéine s'observe aussi, quoique à un moindre degré, avec quelques autres composés moins destructibles que l'adrénaline.

de baryum, il semble qu'elle exalte seulement les actions sympathiques périphériques. Cependant nous allons voir qu'elle fournit d'autres renseignements que ceux que peut donner par ailleurs la paralysie du sympathique sur le mode d'action de vasoconstricteurs comme la *phényléthanolamine*



Renforcement des effets vasoconstricteurs du sympathol par la spartéine.

Chien ♀ 6kg,8, chloralosé; vagues sectionnés; respiration artificielle. R = tracé oncographique du rein avec trait repère *a*. Pression carotidienne avec repères à 11 et 13cm Hg, Temps en secondes. L'animal reçoit par la voie intraveineuse et par kilogramme, en 1 et 2 : un quart de milligramme de sympathol; entre 1 et 2, 0g,01 de sulfate de spartéine (Tracé non réduit).

(α-phényl β-aminoéthanol), la *tyramine* et le *sympathol* dont les effets hypertenseurs sont supprimés par l'yohimbine ([1]).

([1]) Après une dose d'yohimbine suffisante pour inverser nettement les effets hypertenseurs de l'adrénaline, la tyramine et le sympathol ne donnent plus aucune dénivellation de la pression. Il en est de même généralement pour la phényléthanolamine ; quelquefois, cependant, celle-ci donne une ébauche d'abaissement d'ailleurs tardif. R. Hamet (*Comptes rendus*, 192, 1931, p. 450) a signalé déjà que le sympathol (méthyl-

L'action hypertensive des deux premiers est souvent renforcée et prolongée — quelquefois seulement maintenue ou même (surtout dans le cas de la tyramine) diminuée — mais leur action vasoconstrictive rénale n'est pas très accentuée par la spartéine aux doses utilisées. Le sympathol au contraire voit ses effets hypertenseurs régulièrement et nettement accrus et ses effets rénaux considérablement augmentés en intensité et en durée par la spartéine.

Celle-ci permettrait de séparer ainsi tyramine et phényléthanolamine du sympathol et de rapprocher celui-ci de l'adrénaline dont la formule est si voisine de la sienne. Et l'on aurait par ordre de renforcement décroissant des effets vasoconstricteurs par la spartéine : adrénaline et sympathol ; genêt, phényléthanolamine et tyramine; éphédrine ; chlorure de baryum.

On voit donc que la spartéine par ses effets de sensibilisation des vasoconstricteurs et tout spécialement de ceux du rein aux actions sympathiques apporte un élément supplémentaire de différenciation dans l'étude du mécanisme nerveux ou musculaire des vasoconstricteurs.

MÉCANIQUE ANIMALE. — *Sur la structure des ailes d'insectes et son rôle dans le vol par battement*. Note de MM. A. **Magnan** et Cl. **Magnan**, présentée par M. d'Arsonval.

L'étude anémométrique du coup d'aile chez les insectes nous a montré qu'il se produit au bord de fuite un courant d'air dirigé vers l'arrière de l'animal, continu et sensiblement de vitesse constante, mais variable suivant les espèces (¹) et qui, par réaction, joue un rôle indiscutable dans la propulsion et aussi dans la sustentation.

Nous avons cherché à connaître la cause de ce courant d'air. Nous avons été ainsi amenés à effectuer une étude morphologique et aérodynamique de l'aile qui nous a bientôt révélé que, chez les Diptères en particulier, celle-ci possède une structure en rigoles dont les dimensions sont petites par rapport aux dimensions du plan alaire (²).

---

aminométhylparaoxyphénylcarbinol) voit ses effets considérablement diminués mais non inversés par l'yohimbine. MM. H. Busquet et C. Vischniac avaient de même constaté (*C. R. Soc. Biol.*, 108, 1931, p. 403) que l'yohimbine diminue l'hypertension tyraminique.

(¹) A. Magnan et Cl. Magnan, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1369.

(²) Le Service des Recherches du Ministère de l'Air a accordé un concours matériel à ces études.

Par exemple, chez une Mouche (*Cynomya mortuorum*), on distingue trois rigoles principales dont la section a une forme de V plus ou moins fermé et qui sont ouvertes à la face inférieure de l'aile. Une première rigole R_1 (*fig.* 1 et 2) court parallèlement au bord d'attaque. Large de

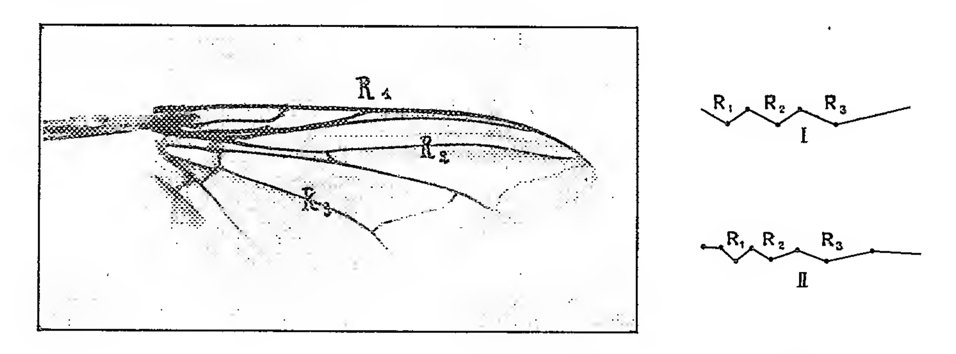


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Aile de *Cynomya mortuorum* vue de dessous, avec ses rigoles R_1, R_2, R_3.
Fig. 2. — Sections schématiques d'une aile de *Cynomya mortuorum*, faites, I, au milieu de l'aile; II, au tiers interne de l'aile.

$0^{mm},3$ et profonde de $0^{mm},25$ en moyenne, elle part, au voisinage de l'articulation, d'un petit bassin, de 1 à 2^{mm^2} de base et de $0^{mm},5$ de profondeur et débouche, sensiblement à la moitié de l'envergure de l'aile, sous forme d'une large tuyère ressemblant à un cône aplati d'aspirateur.

Deux autres rigoles R_2 et R_3 plus larges que la première et allant en s'évasant, partent aussi du petit bassin et se dirigent vers l'arrière à travers le voile pour aboutir au bord de fuite.

Nous avons eu alors l'idée de rechercher si ces rigoles pouvaient donner naissance au courant d'air constaté. Une série d'expériences nous a amenés à cette conclusion qu'étant donnée la forme absolument rigide de la rigole R_1, l'air ambiant, pendant l'abaissée de l'aile, est aspiré par cette rigole vers l'articulation, se comprime dans le petit bassin, puis s'échappe vers l'arrière par les rigoles R_2 et R_3. Ceci explique pourquoi le vol n'est pour ainsi dire pas modifié si l'on sectionne le tiers externe ou le tiers postérieur de l'aile alors que si l'on coupe en biais le bord d'attaque en touchant à la rigole R_1 ou si l'on dépose une mince couche de vernis le long du bord de fuite, on fait immédiatement cesser le vol en arrêtant le débit d'air.

L'aile étant lancée en avant pendant l'abaissée et sa position la plus basse faisant 30° avec sa projection verticale sur le plan horizontal passant par l'articulation, il existe une composante de la vitesse de l'aile qui est perpen-

diculaire au bord d'attaque dans son plan et sensiblement en son milieu, c'est-à-dire là où débouche la rigole R_1. Le calcul nous a montré que cette composante avait comme valeur 2 m/sec; c'est la vitesse avec laquelle l'air pénètre dans cette rigole R_1.

Nous avons cherché alors pour la même mouche dont le courant d'air dirigé vers l'arrière pendant le battement à une vitesse moyenne de 1 m/sec, à 2^{cm} du bord de fuite, quel était le débit d'air à travers une rigole R_2 ou R_3 dont la section la plus faible ressort à environ $0^{mm^2},15$, à son arrivée dans le voile. Nous avons trouvé en ne tenant compte que du temps d'abaissée que ce débit était de $25^{cm^3},1$ par seconde, ce qui fait pour les deux rigoles R_2 et R_3 et les deux ailes $100^{cm^3},4$.

On trouve une structure analogue de l'aile chez les Libellules (*fig.* 3 et 4).

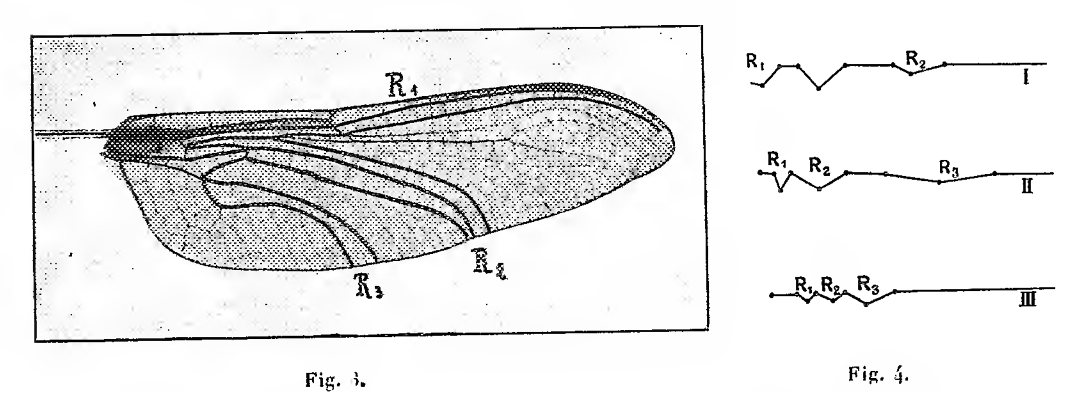


Fig. 3. Fig. 4.

Fig. 3. — Aile postérieure de *Brachytron pratense* vue de dessous, avec ses rigoles R_1, R_2, R_3.
Fig. 4. — Sections schématiques d'une aile postérieure de *Brachytron pratense*, faites : I, au milieu de l'aile; II, au tiers interne de l'aile; III, au quart interne de l'aile.

Pour une espèce comme *Brachytron pratense* dont la vitesse du courant d'air à l'arrière est de 1,50 m/sec à 5^{cm} du bord de fuite, le débit d'air pour les deux paires d'ailes est de $400^{cm^3},5$ par seconde, les dimensions les plus petites des rigoles R_2 et R_3 étant $1^{mm},5$ en largeur et $0^{mm},5$ en profondeur.

Il semble bien d'après nos études morphologiques que chez les Insectes comme les Hyménoptères et les Lépidoptères, il y ait une autre disposition d'aile qui rappelle plutôt ce que l'on observe chez les Oiseaux. Derrière le bord d'attaque épais existe un creux dans lequel l'air pendant l'abaissée se comprime au voisinage de l'articulation et fuit ensuite vers l'arrière et les côtés entre les nervures.

PROTISTOLOGIE. — *Observations sur l'infusoriforme des Dicyémides.* Note (¹) de M. **Henri Nouvel**, présentée par M. L. Joubin.

Ed. van Beneden a tenté le premier d'élucider la signification de l'infusoriforme des Dicyémides. En 1876, il pense qu'il s'agit d'une forme de dissémination de l'espèce. En 1881, par analogie avec le mâle des Orthonectides découvert entre-temps, il considère l'infusoriforme comme un individu mâle. A l'appui de cette thèse, il ajoute avoir remarqué plusieurs fois un mouvement ciliaire à l'intérieur de l'urne. Keppen (1892) affirme y avoir vu des spermatozoïdes et décrit une spermatogénèse. Wheeler (1897) voit une certaine analogie entre l'infusoriforme et le mâle des Orthonectides. Il avoue, cependant, n'y avoir jamais observé de spermatozoïdes, mais il pense que ceux-ci procèdent des corps en forme de virgule que contiennent les cellules de l'urne. Hartmann (1906), se fondant sur les travaux des précédents auteurs et sur le fait qu'il aurait vu une fois des spermatozoïdes dans l'urne, affirme que l'infusoriforme est un mâle. Lameere (1918) a montré que l'infusorigène est hermaphrodite et il en conclut de façon théorique que l'on ne pouvait admettre que l'infusoriforme soit un mâle. Cependant, pour la plupart des zoologistes le schéma de Hartmann est resté classique, d'autant plus que, dans son chapitre *Mesozoa* (1925) du traité général de W. Kükenthal et T. Krumbach *Handbuch der Zoologie*, passant sons silence les travaux de Lameere, il s'en tient toujours à ses conclusions personnelles de 1906.

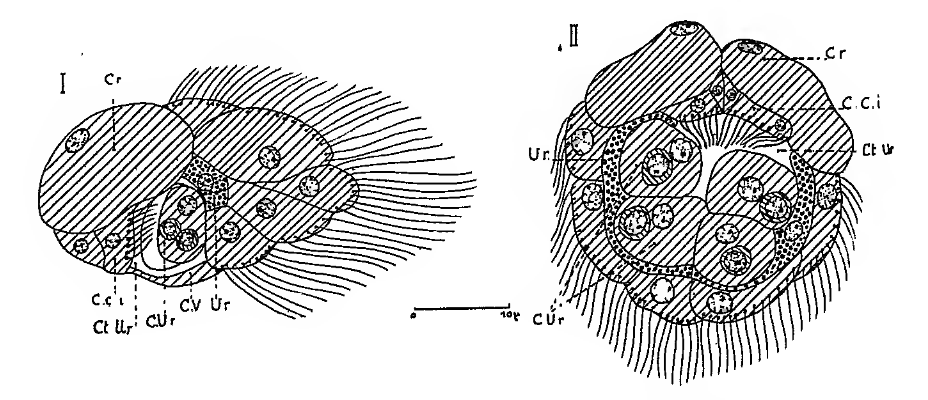
Une longue étude des Dicyémides m'a permis d'acquérir la certitude que Lameere avait vu juste et de pouvoir réfuter les arguments des partisans de la sexualité mâle de l'infusoriforme.

L'étude cytologique et histochimique des corpuscules en forme de virgule des cellules de l'urne m'a permis d'établir qu'il s'agissait là de granules éosinophiles résultant d'une sécrétion vacuolaire. D'abord purement protéiques, les corpuscules peuvent secondairement se charger de lipoïdes. Ils n'ont rien de commun avec des spermatozoïdes.

J'ai également observé le « mouvement ciliaire interne ». Voici l'explication du phénomène :

(¹) Séance du 22 mai 1933.

La morphologie de l'infusoriforme décrite par Ed. van Beneden a été depuis admise comme telle. Elle est, en réalité, plus compliquée. Au cours du développement, les cellules du contenu de l'urne s'écartent vers l'avant et laissent entre elles les cellules de l'urne et les cellules à corps réfringents, une cavité pleine de liquide que j'appellerai *cavité de l'urne*. Or, cette cavité est limitée en avant par *deux petites cellules pourvues de longs cils* qui battent dans le liquide cavitaire. Ce détail anatomique est général, même chez les Hétérocyémides (tout au moins chez *Microcyema vespa*. Les figures de Keppen et de Hartmann ne laissent aucun doute : ce sont ces



I. Infusoriforme de *Dicyema typus* (Ed. van Ben.), coupe sagittale. — II. Infusoriforme de *Dicyemennea Lameerei* Nouvel, coupe parallèle à un plan horizontal.
Cr, corps réfringents; Ur, cellules de l'urne; C.Ur, cellules du contenu de l'urne; Cv, cellules du couvercle; C.c.i, cellules ciliées internes; Ct.Ur, cavité de l'urne.

cils, avec leurs corpuscules basaux, que ces auteurs ont pris pour des spermatozoïdes.

Enfin, si l'infusoriforme était mâle, il serait possible de le trouver à l'état de maturité près des femelles qu'il doit féconder. Or, dans ces conditions, pour ma part, j'en ai observé des milliers, provenant de plus de 200 Céphalopodes et je puis affirmer qu'il ne s'y trouve jamais de spermatozoïdes. J'ai même conservé des infusoriformes en vie, pendant plus d'une semaine, dans de l'urine de Céphalopode ou dans de l'eau de mer : il ne s'est jamais fait la moindre ébauche de spermatogénèse.

Conclusion. — Les arguments en faveur de la nature mâle de l'infusoriforme sont une interprétation erronée de l'anatomie des Dicyémides à cette phase du cycle.

L'infusoriforme n'est pas le mâle des Dicyémides. Il est infiniment probable, comme le pensait primitivement Ed. van Beneden, qu'il s'agit d'une forme de dissémination de l'espèce.

A 16h45m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h55m.

É. P.

ERRATA.

(Séance du 22 mai 1933.)

Note de Mme *P. Curie* et M. *Salomon Rosenblum*, Sur la structure fine du spectre magnétique des rayons α du radioactinium et de ses dérivés :

Page 1598, ligne 6 en remontant, *au lieu de* $V = 1,706.10$ cm/sec, *lire* $V = 1,706.10^9$ cm/sec.

Page 1599, ligne 4 en remontant, *au lieu de* α_{10}, *lire* α_9.

Page 1600, Tableau IV, la colonne concernant l'intensité (appréciation visuelle) doit être supprimée.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances d'avril 1933.

Recherches expérimentales sur la combustion et la détonation des substances explosives, par Marcel Patry. Thèses présentées à la Faculté des sciences de l'Université de Nancy. Nancy, Société d'impressions typographiques, 1933; 1 vol. 24cm,5. (Présenté par M. H. Le Chatelier.)

Aperçu général sur la végétation autochtone du Lautaret (Hautes-Alpes) avec des remarques critiques sur quelques notions phytosociologiques, par Teodor Lippmaa. Tartu, Imprimerie K. Mattieseni tr. o/ü., 1933; 1 vol. 24cm.

La dérive des continents et les mouvements intra-telluriques, par Pierre Dive. Paris, Dunod, 1933; 1 vol. 25cm.

Bibliographie mensuelle de l'Astronomie. Publications reçues en janvier 1933; Tome 1, n° 1. Paris, Société astronomique de France, 1933; 1 fasc. 24cm,5.

Histoire des sciences. Réaumur et sa Société, par Jean Torlais. Bordeaux, imprimerie moderne A. Destaut, 1933; 1 vol. 23cm,5.

Les fondements de la Théorie de la Relativité générale. Théorie unitaire de la Gravitation et de l'électricité. Sur la structure cosmologique de l'espace, par Albert Einstein. Traduit de l'allemand par Maurice Solovine. Paris, Hermann et Cie, 1933; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Painlevé.)

Carte géologique du Massif du Mont Blanc (Partie française) à l'échelle du 1/20000e. *Feuille : Argentière. Notice explicative* suivie d'une planche de coupes géologiques 58cm × 45cm, par Paul Corbin et Nicolas Oulianoff. Saint-Maur-des-Fossés, Imprimerie-Librairie G. Jacquart, 1932; 1 fasc 21cm.

Mathématique astronomique. Tables, par S. P. Glazienap. Leningrad, Académie des sciences de l'U. R. S. S., 1932; 1 vol. 25cm.5 (écrit en russe).

Vom Unendlichen, par Scher. Berlin, 1932; 1 fasc. 29cm,5.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 6 JUIN 1933.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES RICHET.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **MINISTRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE** adresse ampliation du décret, en date du 2 juin 1933, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **LOUIS DE BROGLIE** pour occuper dans la Section de Mécanique la place vacante par le décès de M. *A. Mesnager*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **LOUIS DE BROGLIE** prend place parmi ses Confrères.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les mouvements d'un cristal de quartz dans un champ électrostatique*. Note de M. **ARMAND DE GRAMONT**.

Les propriétés piézo-électriques du quartz m'ont permis d'établir, en collaboration avec M. Daniel Beretzki, deux dispositifs au moyen desquels un cristal peut être animé de rapides mouvements de rotation. Dans l'un deux, un cylindre de quartz tourne autour de son axe comme le ferait le rotor d'un moteur électrique. Dans l'autre, un parallélépipède tourne entre les faces d'un condensateur, sans aucun axe matériel; le cristal peut même se détacher de la face qui le porte et tourner dans une enceinte vide d'air, son équilibre étant alors assuré par ses charges électriques superficielles.

Considérons un cylindre de révolution en quartz dont l'axe est parallèle à l'axe optique du cristal : les axes électriques sont alors disposés à 120°

dans les sections droites de ce cylindre; celui-ci est monté de façon à pouvoir tourner autour de son axe. Deux électrodes de forme allongée sont disposées en face de deux génératrices symétriques du cylindre, constituant ainsi un condensateur à diélectrique de quartz.

Si les deux électrodes du condensateur sont respectivement chargées positivement et négativement, le cylindre tournera jusqu'à ce qu'un des plans contenant les axes électriques coïncide avec le plan des électrodes.

Pour que cette rotation se produise, il faut que le condensateur soit chargé à plusieurs milliers de volts; mais si l'on introduit le condensateur dans un circuit oscillant accordé sur la fréquence fondamentale du cylindre de quartz, il se développe à la surface du cristal et aux extrémités des axes électriques des potentiels atteignant plusieurs milliers de volts alors que la tension excitatrice n'est que d'une trentaine de volts; dans ces conditions le couple résultant est suffisant pour faire osciller le cylindre autour de son axe.

Le quartz se trouve ainsi placé dans un champ tournant monophasé dont la fréquence est celle du cristal. Si on lance le quartz mécaniquement, le mouvement de rotation s'entretient de lui-même dans le sens de l'impulsion; on peut de cette façon obtenir des vitesses de deux ou trois mille tours à la minute pour un cylindre de quartz d'environ 20^{mm} de diamètre.

En disposant deux paires d'électrodes à $90°$ ou trois paires à $120°$ alimentées par des tensions sinusoïdales convenablement décalées, on crée des moteurs bi ou triphasés qui peuvent démarrer sans action extérieure et dont le sens de rotation est déterminé.

Ces dispositifs peuvent être comparés à des moteurs asynchrones mono ou polyphasés, leur fonctionnement étant électrostatique au lieu d'être électromagnétique.

Si, dans le dispositif qui vient d'être décrit, nous immobilisons le cristal, nous constituons un transformateur; alors que la tension entre les électrodes primaires n'est que de 30 volts, dès que le cristal est en résonance, on peut obtenir entre des électrodes secondaires des différences de potentiel atteignant plusieurs milliers de volts.

Nous avons, d'autre part, réalisé des mouvements de rotation d'une autre nature avec un parallélépipède de quartz taillé de façon qu'un couple de faces soit perpendiculaire à l'axe électrique et un autre à l'axe mécanique. Lorsqu'on étudie la façon dont se propagent les ondes élastiques dans un tel cristal, on trouve des anomalies profondes qui ne permettent

pas de vérifier la vitesse théorique de propagation du son dans le quartz au moyen de la mesure de sa fréquence propre; nous montrerons ailleurs que la vitesse théorique peut être retrouvée avec une taille convenable. Au contraire lorsque les dimensions du cristal présentent certains rapports déterminés, les vibrations des différentes faces interfèrent et il se développe au voisinage des arêtes des charges qui sont de signe contraire à celles de la face elle-même.

Les nœuds correspondant à ces régimes vibratoires peuvent être localisés avec de la poudre de lycopode ou par l'emploi de la lumière polarisée; d'autre part, les aigrettes lumineuses qui se dégagent du cristal dans une atmosphère raréfiée nous ont aidé à déterminer la répartition des charges et, par là, à expliquer le mécanisme du phénomène.

Par des modifications successives des dimensions du parallélépipède de quartz, nous avons obtenu des cristaux dans lesquels les charges électriques faisaient naître des forces dissymétriques et inclinées par rapport aux électrodes. Sous l'influence de ces forces, le parallélépipède de quartz prend un mouvement de rotation rapide : un cristal pesant environ 2^g a tourné à plus de 20000 tours-minute; ce cristal était placé entre deux électrodes convexes; il tournait en restant centré, sans aucun axe matériel, dans une atmosphère raréfiée ou dans le vide. Le cristal peut se détacher de l'électrode inférieure sur laquelle il repose et se maintenir à quelques dixièmes de millimètre au-dessus d'elle, tout en restant à une petite distance de l'électrode supérieure.

Si l'on retourne le cristal sur l'électrode inférieure et qu'on l'excite de nouveau, il se met à tourner en sens contraire.

Le mouvement d'un tel cristal peut être comparé à celui du rotor d'un moteur à collecteur fonctionnant sur un courant alternatif monophasé.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la descendance de l'Alliaire greffée sur le Chou.* Note de M. LUCIEN DANIEL.

En 1893, ayant greffé l'Alliaire sur le Chou vert, j'en semai les graines comparativement avec celles des témoins. Les descendants de l'épibiote se distinguèrent par leur aspect trapu, leur vigueur plus grande, leurs feuilles plus larges et plus vertes, leur inflorescence plus ramassée en tête et par une atténuation de l'odeur d'ail caractéristique de l'espèce ([1]).

([1]) *Revue générale de Botanique*, 6, 1894, p. 356.

Je fis à nouveau, en 1924, des greffes analogues. Des pigeons voyageurs élevés dans un colombier voisin mangèrent les feuilles des Choux témoins,

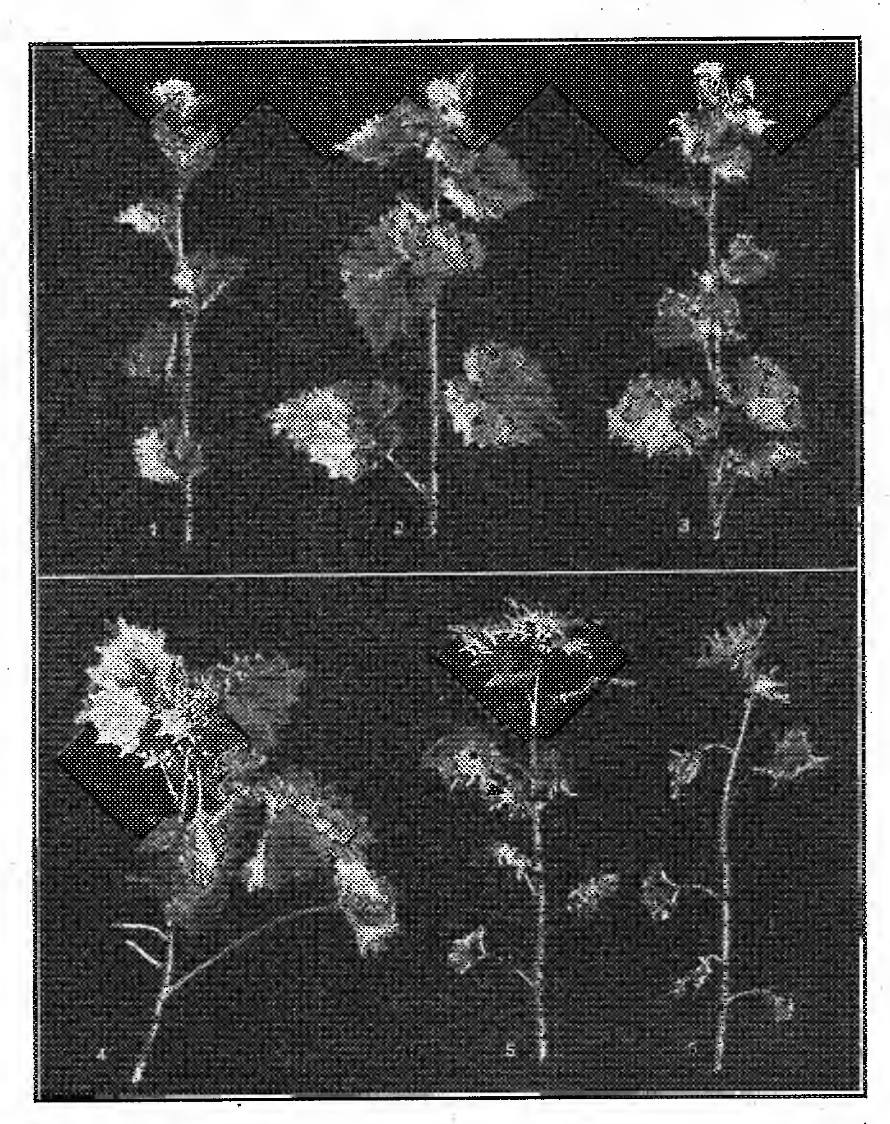


Fig. 1. Tige d'Alliaire témoin. — Fig. 2. Alliaire de semis plus vigoureuse que son ancêtre. — Fig. 3. Alliaire de semis à feuilles gaufrées atteintes de Mosaïque. — Fig. 4. Alliaire trapue, à inflorescences groupées en tête, à feuilles présentant de la mosaïque. — Fig. 5 et 6. Alliaires de semis à feuilles finement et longuement dentées, atteintes par la *Frisolée*.

celles des tiges réparatrices des hypobiotes et celles des Alliaires greffées, mais ne touchèrent pas aux Alliaires témoins. Ces animaux avaient perçu

les changements de chimisme causés par la greffe et c'était là un fait intéressant. Je récoltai les graines données par les Alliaires greffées qui furent semées l'année suivante; elles fournirent des individus de vigueur variable qui différaient des témoins par la grandeur du limbe des feuilles, son gaufrage, sa couleur, le développement et la régularité des dents, etc. (¹).

Depuis cette époque, j'ai sélectionné les exemplaires qui avaient présenté les modifications les plus accentuées et j'en ai semé les graines. J'ai constaté cette année l'apparition de caractères nouveaux, inattendus pour la plupart, coïncidant avec ceux que j'avais déjà observés chez leurs ancètres issus des pieds greffés en 1924. Tandis que les uns conservaient sensiblement les caractères des témoins (*fig.* 1), chez les autres la vigueur était renforcée (*fig.* 2) ou diminuée (*fig.* 4, 5 et 6). A cette diminution de la vigueur correspondaient des dégénérescences diverses plus ou moins marquées suivant les individus et quelquefois suivant les parties d'un même individu. Quelques pieds portaient des feuilles à limbe gaufré, à dents réduites, et dont la teinte présentait une *Mosaïque* de plaques très vertes entremêlées d'espaces irréguliers de couleur vert pâle (*fig.* 3). Chez d'autres types, existait une Mosaïque analogue, mais les feuilles longuement pétiolées à la base de la tige se groupaient en tête au sommet et présentaient un limbe irégulièrement et fortement denté, à lobes peu nombreux et dont le médian s'allongeait parfois démesurément par rapport aux latéraux (*fig.* 4). Chez d'autres enfin, les feuilles étaient pourvues de dents pointues et longues, avec un limbe réduit, très différent du limbe normal de l'espèce (*fig.* 5 et 6). Ce limbe avait chez quelques pieds ses bords repliés à la façon de ceux de la Pomme de terre atteinte par la Frisolée.

Ces pieds se sont comportés de façon différente par rapport à la résistance aux froids qui se sont montrés à la fin d'avril au moment ou l'Alliaire montait à fleurs. Quelques-uns ont résisté et sont restés verts; d'autres ont rougi fortement. Entre ces deux états il y avait tous les passages; parfois des tiges d'un même exemplaire étaient restées vertes quand les autres avaient rougi, manifestant ainsi une *disjonction* du caractère résistance.

L'existence de dégénérescence constatée par Knight à la suite de la multiplication végétative est ainsi démontrée, tant par les résultats des greffes d'Alliaire que par ceux des greffes de Topinambour ou d'Absinthe, ainsi que l'influence de la symbiose sur la descendance des épibiotes. De tels faits

---

(¹) *Comptes rendus*, **163**, 1926. p. 481; *Proceed. of the intern. Congress of Plant Sciences*, **2**, 1027, Ithaca, New-York, 1929; *Études sur la greffe*, **3**, 1929, p. 837.

permettent de comprendre l'altération des pépins de nos arbres fruitiers qui donnent chacun des individus différents entre eux et différents du pied mère. Ils sont en contradiction avec la conservation du génotype chez les plantes greffées et n'ont aucun rapport avec la loi de Mendel.

M. **Henri Lecomte** fait hommage à l'Académie de la 48e livraison de la *Flore générale de l'Indochine* comprenant la suite de la famille des *Orchidacées*, par MM. F. Gagnepain et A. Guillaumin.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux ou trois candidats à la Chaire de *Constructions civiles* vacante au Conservatoire National des Arts et Métiers.

(Renvoyé à la Section de Mécanique.)

M. le **Ministre de la Guerre** invite l'Académie à désigner deux de ses membres qui occuperont dans le *Conseil de perfectionnement de l'École Polytechnique* les places vacantes par l'expiration des pouvoirs de MM. *H. Deslandres* et *H. Le Chatelier*, rééligibles.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Les Poissons des eaux douces de Madagascar et des îles voisines (*Comores, Seychelles, Mascareignes*), par M. Jacques Pellegrin.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Erreur moyenne et moyenne arithmétique. Age moyen des vivants et âge moyen au moment de la mort.* Note de **M. E. J. Gumbel**, transmise par M. Émile Borel.

Soit $w(x)$ la distribution d'une variable statistique continue et positive, ayant l'espérance mathématique $\bar{x}$, et soit

$$W(x) = \int_0^x w(z)\,dz$$

son intégrale, tel que

$$W(3\bar{x}) \approx 1.$$

Nous donnons une construction dont la réussite est une condition suffisante pour que l'erreur moyenne σ soit moindre que la valeur moyenne arithmétique. On introduit d'abord

$$(1) \qquad \int_0^\infty (1 - W)\, dx = \bar{x}$$

et

$$(2) \qquad \int_0^\infty x(1 - W)\, dx = \frac{1}{2}\overline{x^2}.$$

Puis on construit une intégrale ${}_1W$ d'une distribution ${}_1w$ définie par

$$(3) \qquad \begin{cases} 1 - {}_1W = \frac{2}{3}\left(1 - \frac{x}{3\bar{x}}\right) & \text{pour l'intervalle } 0 \leqq x \leqq 3\bar{x}, \\ 1 - {}_1W = 0 & \text{pour l'intervalle } x \geqq 3\bar{x}. \end{cases}$$

Les deux intégrales correspondantes de la distribution ${}_1w$ seront

$$(4) \qquad \int_0^\infty (1 - {}_1W)\, dx = \bar{x}$$

et

$$(5) \qquad \int_0^\infty x(1 - {}_1W)\, dx = \bar{x}^2.$$

S'il existe une et qu'une valeur de la variable $x = \xi$, telle que pour $x \gtreqless \xi$, on a $W \gtreqless {}_1W$, on obtient

$$\int_0^\infty (x - \xi)(W - {}_1W)\, dx > 0.$$

Par l'intermédiaire des formules (1) à (5), on aura

$$(6) \qquad 2\bar{x}^2 > \overline{x^2},$$

d'où l'on conclut pour l'erreur moyenne que

$$(7) \qquad 0 < \sigma^2 < \bar{x}^2$$

et que le coefficient de variation soit moindre de 1, pourvu qu'un point ξ ayant les qualités surnommées existe.

En traitant comme distribution $w(x)$ la densité de mortalité

$$\vartheta(x) = -l'(x),$$

où $l(x)$ est le nombre fractionnaire des survivants d'un âge x, on a

$$\overline{x} = \mathrm{E}(0)$$

et

$$\frac{1}{2}\overline{x^2} = \mathrm{E}(0).\overline{z},$$

où E(o) est l'espérance de vie d'un nouveau-né, égale à l'âge moyen au moment de la mort, et $\overline{z}$ l'âge moyen des vivants dans une population stationnaire ayant la distribution $l(x)/\mathrm{E}(0)$ d'après les âges. La relation (7) s'écrit, avec ces symboles biométriques,

$$2\overline{z} > \mathrm{E}(0) > \overline{z}. \tag{8}$$

La construction montre que, pour les tables de survie modernes, l'âge moyen au moment de la mort est plus grand que l'âge moyen des vivants, ce qui n'est nullement évident. Il existe en effet des tables qui montrent la relation inverse. Elles sont relatives à des populations chez lesquelles le niveau d'hygiène est très bas, aux Indes par exemple.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les variables pondérées multipliables de M. Cantelli.* Note de M. **Arnaud Denjoy**.

Dans ses études bien connues sur le calcul des probabilités, M. Cantelli considère des systèmes de « variables pondérées » *multipliables* (entre elles). Ces variables sont des fonctions d'un point d'une surface S où une mesure des ensembles est définie, la mesure totale de S étant prise pour unité (Cantelli, *Giornale dell' Istituto italiano degli attuari*, Anno III, n° 2, Rome, 1932).

Les variables x_1, x_2, ... sont dites « multipliables » si, quels que soient les couples α_i, β_i, l'ensemble des points de S, vérifiant n conditions simultanées $\alpha_i < x_i < \beta_i$, a pour mesure le produit des mesures des n ensembles respectivement définis par chacune de ces conditions considérée isolément.

On forme très aisément des systèmes de variables multipliables x_i dont chacune prend uniquement un nombre fini ou une infinité dénombrable de valeurs (en négligeant ce qui se passe sur un ensemble mince de points de S). Je me propose de montrer comment on peut construire un système d'un nombre fini ou d'une infinité de variables x_i multipliables, de façon que chacune des fonctions non décroissantes $m_i(\xi) =$ mes. ens. $[x_i < \xi]$ soit préalablement donnée indifféremment.

Je rappelle cette propriété de la courbe de Peano $m=f(t)$, $m'=g(t)$ où le point M (m, m') décrit continûment un carré de côté 1 pendant que t décrit le segment $(0,1)$:

1° L'ensemble des t correspondant aux points M multiples de la courbe est de mesure linéaire nulle;

2° La correspondance (M, t) conserve la mesure, en ce sens que, si un ensemble (t) est mesurable (linéairement) et de mesure (linéaire) h, l'ensemble (M) homologue est mesurable (quadratiquement) et d'aire égale à h. Et réciproquement.

Les propriétés analogues sont vraies pour les courbes de Peano remplissant un cube, un segment régulier à n dimensions, de côté 1. Nous admettrons d'autre part l'existence d'une correspondance jouissant des mêmes propriétés entre un point t de segment $(0,1)$ et le point variable de la surface S. On peut supposer dès lors x_1, x_2, ..., fonctions d'une variable linéaire t sur le segment $(0,1)$ (en négligeant ce qui se passe sur un ensemble mince formé de points de S).

Cela étant, considérons le carré C $(0\leqq m\leqq 1,\ 0\leqq m'\leqq 1)$ dans le plan des m, m'. Soient $\lambda(m)$ et $\lambda'(m')$ deux fonctions mesurables quelconques de m et de m', définies sur les segments $(0, 1)$. Si le point M(m, m') de la courbe de Peano correspond au point t du segment $(0, 1)$, nous faisons $x(t)=\lambda(m)$, $y(t)=\lambda'(m')$.

L'ensemble des points t où $\alpha < x(t) < \beta$ a une mesure linéaire égale à la mesure superficielle de l'ensemble E(α, β) des points M où $\alpha < \lambda(m) < \beta$. Si $e(\alpha, \beta)$ est l'ensemble des nombres m ainsi caractérisés, $e(\alpha, \beta)$ est mesurable, puisque $\lambda(m)$ l'est par hypothèse. E(α,β) est formé des segments découpés par C sur les parallèles à Om' menées par les points de $e(\alpha, \beta)$. Ces segments ayant la longueur 1, mes. ens. $[\alpha < x(t) < \beta]=$ mes. $e(\alpha, \beta)$.

De même, l'ensemble $\gamma < y(t) < \delta$ a même mesure que E$'(\gamma, \delta)$ et $e'(\gamma, \delta)$, e' étant l'ensemble des nombres m' vérifiant $\gamma < \lambda'(m') < \delta$ et E$'$ l'ensemble des segments de C parallèles à Om et dont l'extrémité gauche parcourt e'.

L'ensemble des t vérifiant simultanément $\alpha < x(t) < \beta$, $\gamma < y(t) < \delta$ correspond dans C à l'ensemble des points communs à E(α, β) et à E$'(\gamma, \delta)$. C'est l'ensemble des points de C se projetant à la fois dans $e(\alpha, \beta)$ sur Om et dans $e'(\gamma, \delta)$ sur Om'. Cet ensemble a bien pour mesure le produit des mesures de e et de e'.

Au moyen de la courbe de Peano d'ordre n, changeant le segment $0\leqq t\leqq 1$ en le segment régulier $0\leqq m_i\leqq 1$ $(i=1,\ldots,n)$, on forme des systèmes de n variables multipliables.

Pour passer à une suite infinie, on utilise une correspondance entre le même point t et un point $M(m_1, m_2, \ldots)$ du segment régulier $C(0 \leqq m_i \leqq 1$ simultanément pour tous les i) dans l'espace V_∞ à une infinité de dimensions.

On peut définir une telle correspondance par une suite d'opérations. A la $n^{\text{ième}}$ opération, chacun des segments σ_n^i de l'espace $V_n (m_1, m_2, \ldots, m_n)$ sur lesquels se projette la $(n-1)^{\text{ième}}$ subdivision de C est divisé en 2^n segments égaux (par bipartition des côtés) dont la succession est réglée comme dans la courbe de Peano d'ordre n. On leur fait correspondre respectivement les 2^n segments consécutifs partageant également le segment s_n^i de $0 \leqq t \leqq 1$ globalement homologue de la partie de C se projetant sur σ_n^i.

Si E est l'ensemble des points de C se projetant sur l'espace$(m_{i_1}, m_{i_2}, \ldots, m_{i_k})$ en un ensemble de mesure (d'ordre k) égale à μ, l'ensemble e des t homologues des M de E a la mesure (linéaire) μ.

Alors, $\lambda_i(m)$ étant une fonction mesurable quelconque définie sur $0 \leqq m \leqq 1$, si au point t on pose $x_i(t) = \lambda_i(m_i)$, les variables x_i sont multipliables.

MÉCANIQUE. — *Sur l'incompatibilité de la conception riemannienne de l'espace avec le principe de relativité.* Note (¹) de M. **J. Le Roux.**

J'ai déjà signalé l'incompatibilité de la conception riemannienne de l'espace avec le principe de relativité. A cause de la très grande importance de ce résultat, je crois utile d'apporter sur cette question de nouvelles précisions.

Lie a montré comment les idées de Riemann et les principes de la géométrie se rattachent à la théorie des groupes de transformation. La théorie de la mesure en géométrie est basée en effet sur la définition de l'égalité des figures par la possibilité de superposition. Cette condition, à son tour, se traduit analytiquement de la manière suivante.

Soient F et F' deux figures, rapportées à un même système de référence S et qui se correspondent point par point. Pour qu'elles soient égales au sens de la géométrie, il faut et il suffit qu'on puisse déterminer un second système de référence S' superposable à S, tel que les coordonnées de F' rapportées à S' soient égales aux coordonnées de F rapportées à S.

(¹) Séance du 29 mai 1933.

Comme deux figures égales à une troisième sont égales entre elles, l'ensemble des transformations de systèmes de référence considérées forme un groupe G. On exprime que les systèmes de référence sont superposables en écrivant que le groupe G admet la transformation identique.

Enfin pour que le groupe G puisse définir un système de géométrie, il doit encore, d'après Lie, satisfaire aux conditions suivantes :

1° A un système de deux points ne correspond qu'un seul invariant;

2° Un ensemble comprenant plus de deux points n'admet pas d'invariant essentiel; c'est-à-dire que tous les invariants de l'ensemble se réduisent à des fonctions des invariants binaires obtenus en associant les points deux à deux.

Pour que l'élément linéaire de l'espace de Riemann corresponde aux mesures du système de géométrie défini par le groupe G, il faut que ce soit un invariant différentiel du groupe G. Ainsi le ds^2 euclidien est un invariant du groupe défini par les formules de transformations de coordonnées cartésiennes rectangulaires.

Telles sont les conditions imposées par la Géométrie. Ces conditions ne sont pas limitées aux systèmes à trois dimensions. Le principe de relativité en impose d'autres.

D'après ce principe on ne peut considérer comme propriétés intrinsèques de l'espace que celles qui sont invariantes par le groupe des changements de systèmes de référence arbitrairement mobiles.

Soient

$$x'_i = f_i(x, a) \tag{1}$$

les formules générales de définition du groupe.

Ces formules contiennent deux catégories de variables :

1° Les coordonnées x, x', qui définissent la position d'un point ou d'une figure par rapport aux systèmes de référence S et S';

2° Les paramètres a, qui définissent la position de l'un des systèmes de référence par rapport à l'autre.

Le mouvement de l'un des systèmes par rapport à l'autre se représente par la variation continue des paramètres, tandis que le mouvement d'un point par rapport aux systèmes de référence s'exprime par la variation des coordonnées.

La différentiation des équations (1) donne

$$dx'_i = \sum \frac{\partial f_i}{\partial x} dx + \sum \frac{\partial f_i}{\partial a} da. \tag{2}$$

Le système (2) joint au système (1) définit un nouveau groupe G′ s'appliquant aux variables x, dx et dépendant des paramètres a, da. Ce groupe constitue le prolongement cinématique du premier. Il correspond au principe de relativité, où l'on envisage à la fois le mouvement du point et celui des systèmes de référence.

L'élément linéaire de Riemann correspond au prolongement statique, où l'on suppose les paramètres constants. On a alors

$$dx'_i = \sum \frac{\partial f_i}{\partial x} dx. \tag{3}$$

Le système (1)-(3) est différent du système (1)-(2). C'est pourquoi le ds^2 de Riemann qui est invariant pour le prolongement statique ne l'est pas pour le prolongement cinématique.

J'ai démontré en outre que le groupe G′ engendré par le prolongement cinématique n'admet aucun invariant différentiel exprimable par les coordonnées d'un seul point et les différentielles de ces coordonnées.

Ce résultat explique l'impossibilité de satisfaire aux conditions posées par le principe de relativité en partant de l'hypothèse d'un ds^2 d'espace-temps.

La méthode déductive déduite de la théorie des groupes de transformations donne, au contraire, une solution régulière et simple, invariante par les transformations de systèmes de référence arbitrairement mobiles et représentant les phénomènes observés avec une approximation satisfaisante.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la variation de l'angle de décollement en fonction du régime d'écoulement.* Note [1] de M. L. **Sackmann**, présentée par M. Henri Villat.

Dans le dispositif expérimental utilisé [2], l'obstacle est un cylindre circulaire de 30mm de diamètre et de 10mm de hauteur, serré entre deux glaces parallèles; il se trouve à 250mm de l'entrée du tunnel.

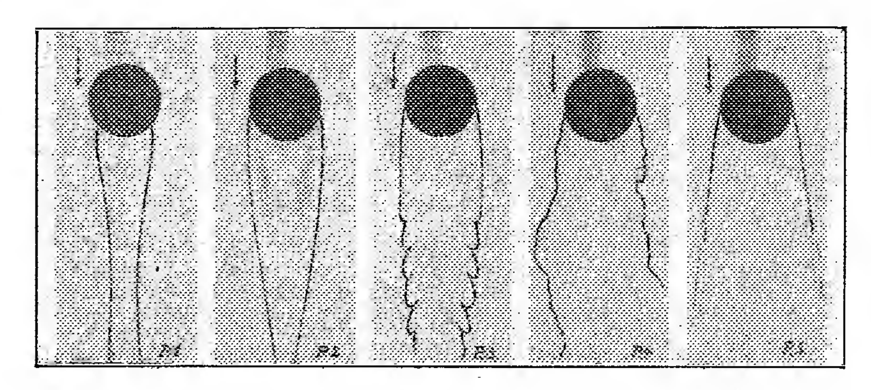
L'obstacle peut être alimenté intérieurement par du liquide coloré, un point quelconque de sa surface latérale peut devenir un point d'émission

(1) Séance du 29 mai 1933.

(2) R. Thiry et L. Sackmann, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 759.

de liquide coloré grâce à un système approprié de réglage; les azimuts sont déterminés à 15′ près.

Ligne de décollement. — Comme on pouvait s'y attendre, étant donnée l'existence des phénomènes très complexes que nous avons signalés en amont de l'obstacle, la ligne de décollement n'est pas une génératrice du cylindre, c'est une courbe symétrique par rapport au plan médian des glaces du tunnel. L'angle de décollement (mesuré à partir du point de bifurcation amont) varie donc lorsqu'on passe d'une glace à l'autre et il présente un maximum dans le plan médian. La forme et la position de cette courbe varient avec la vitesse d'écoulement; la façon dont elle se raccorde aux glaces est très difficile à déterminer. En tout cas les angles de décollement se rapprochent d'autant plus de la valeur théorique relative aux



écoulements à deux dimensions (environ 82°) que la vitesse d'écoulement est plus grande.

Il m'a paru intéressant d'étudier la variation de l'angle de décollement avec le régime d'écoulement. J'ai mesuré à cet effet la valeur de l'angle de décollement maximum pour différentes vitesses du fluide (vitesses moyennes).

Nous avons la possibilité de réaliser dans notre dispositif tous les régimes d'écoulement comme pour un phénomène à deux dimensions, avec la seule différence que les nombres de Reynolds des différents régimes sont plus élevés que les nombres correspondant à l'écoulement à deux dimensions et cela d'autant plus que l'écartement des glaces est plus petit. Nous avons l'intention de revenir plus tard sur cette question.

Nous donnons ci-dessus le graphique des variations de l'angle de décollement en fonction de la vitesse et quelques photographies correspondant à des régimes différents.

Régime de Stokes. — Pour des vitesses suffisamment petites, de l'ordre du millimètre par seconde, pas de décollement appréciable.

Tourbillons fixes. — (Photographies 1 et 2). Vitesse d'écoulement 0,5 et 3,3 cm/sec; angle de décollement, 130° et 111°.

Tourbillons symétriques. — (Photographie 3). Vitesse d'écoulement, 9 cm/sec; angle de décollement, 103°.

La fin du régime des tourbillons fixes est marquée par la formation d'une rue de tourbillons symétriques, stables, mais s'étendant sur une partie restreinte de l'échelle des vitesses.

Tourbillons alternés. — (Photographie 4). Vitesse d'écoulement, 17,5 cm/sec; angle de décollement, 98°.

Sillage ouvert. — (Photographie 5). Vitesse d'écoulement, 40 cm/sec; angle de décollement, 92°.

Il est à remarquer que, dans les conditions de nos expériences, la transition entre les différents régimes n'est marquée par aucune irrégularité du graphique de l'angle de décollement.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur le problème des deux corps à masse décroissante.* Note de M. ÉMILE MERLIN, présentée par M. Ernest Esclangon.

Rapportons l'un des corps M à l'autre M_0 dans un système de coordonnées polaires (r, θ), dont le pôle est M_0 et l'axe polaire, M_0X, de direction invariable. Appelons m la somme des masses et u l'inverse du rayon vecteur. En choisissant convenablement les unités de temps et de masse, l'intégrale des aires et la formule de Binet s'écrivent

$$r^2 \frac{d\theta}{dt} = 1, \tag{1}$$

$$\frac{d^2 u}{d\theta^2} = m - u. \tag{2}$$

Si, à l'instant t, on suppose m constant, le corps M, dont la vitesse, à cet instant, est celle qu'il a sur sa trajectoire, décrira l'orbite keplérienne osculatrice

$$u = m + m e \cos(\theta - \omega). \tag{3}$$

Si la masse m varie (pour la facilité de l'exposition, nous la supposerons décroissante), l'excentricité e et l'angle polaire ω du périastre varient et vérifient les équations différentielles

$$\frac{dme}{d\theta}\cos(\theta - \omega) + me\frac{d\omega}{d\theta}\sin(\theta - \omega) + \frac{dm}{d\theta} = 0, \tag{4}$$

$$\frac{dme}{d\theta}\sin(\theta - \omega) - me\frac{d\omega}{d\theta}\cos(\theta - \omega) = 0. \tag{5}$$

On en déduit

$$e^2 \frac{d\omega}{d\theta} = \frac{d\frac{1}{m}}{dt} \frac{dr}{d\theta}. \tag{6}$$

Ainsi, dans le cas où l'orbite keplérienne osculatrice n'est pas circulaire, si M se trouve sur la moitié de l'orbite keplérienne osculatrice, qui suit le périastre dans le sens du mouvement, l'angle polaire du périastre varie dans le sens du mouvement, sinon cet angle varie en sens inverse.

Les équations (4) et (5) fournissent les relations

$$\frac{de}{d\theta} + \frac{d \log m}{d\theta}[e + \cos(\theta - \omega)] = 0, \tag{7}$$

$$\frac{dm(e^2 - 1)}{d\theta} + \frac{dm}{d\theta}\{[e + \cos(\theta - \omega)]^2 + \sin^2(\theta - \omega)\} = 0, \tag{8}$$

$$\frac{dm^2(e^2 - 1)}{d\theta} + 2u\frac{dm}{d\theta} = 0. \tag{9}$$

Par suite, si l'orbite osculatrice est une ellipse, son grand axe croît; si elle est une hyperbole, son axe réel décroît ([1]). Si $e \geq 1$, e est fonction croissante du temps, de plus, elle croîtra indéfiniment si m tend vers zéro. C'est le théorème d'Armellini ([2]). Enfin, si l'orbite osculatrice est elliptique, l'excentricité est décroissante si M se trouve sur la demi-ellipse limitée aux extrémités du petit axe et contenant l'apoastre, elle est croissante dans le cas contraire. Si l'orbite osculatrice est elliptique, son petit axe croît. Si l'orbite osculatrice est hyperbolique, l'axe imaginaire décroît, tandis que l'angle des asymptotes s'ouvre.

Des équations (4) et (5), on déduit les relations

$$me\sin\omega - m_0 e_0 \sin\omega_0 = -2\frac{dm}{d\theta}\sin^2\frac{\theta}{2} + 2\int_0^\theta \frac{d^2m}{d\theta^2}\sin^2\frac{\theta}{2}\,d\theta, \tag{10}$$

$$\begin{aligned} &me\cos\omega - m_0 e_0 \cos\omega_0 + \left(\frac{dm}{d\theta}\right)_0 \\ &\quad = 2\frac{dm}{d\theta}\sin^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\theta}{2}\right) - 2\int_0^\theta \frac{d^2m}{d\theta^2}\sin^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\theta}{2}\right)d\theta, \end{aligned} \tag{11}$$

dans lesquelles les quantités affectées d'un indice ont la valeur qu'elles prennent quand on y fait $\theta = 0$.

Considérons à l'instant t l'hodographe de M dans son mouvement osculateur autour de M_0. Projetons le centre C de cet hodographe en D

([1]) Armellini, *Rend. Lincei*, 1, 1925, 1er semestre, p. 617.

([2]) Armellini, *Rend. Lincei*, 15, 1932, 1er semestre, p. 701.

sur M_0X et en D′ sur l'axe M_0Y, élevé perpendiculairement à M_0X dans le sens du mouvement. Appelons D_0 la position qu'occupe D quand $\theta = 0$. Projetons C en C′ sur M_0M. A partir de C′, et en sens opposé du rayon vecteur, portons un segment C′C″ égal au rayon de l'hodographe. Lorsque M décrit sa trajectoire, C″ engendre une courbe. La normale à celle-ci au point correspondant à $\theta = 0$ rencontre M_0Y, en E_0. Cela étant, les premiers membres des équations (10) et (11) ont respectivement pour valeur celle du segment DD_0 compté sur M_0X et du segment E_0D' compté sur M_0Y.

Dans les hypothèses faites sur la variation de m par Gylden ([1]), Mestschersky ([2]), Jeans ([3]), Armellini ([4]), Zagar ([5]), si m est décroissante, d^2m/dt^2 est supérieure ou égale à zéro, au moins à partir d'une valeur de t suffisamment grande pour certaines valeurs des constantes considérées dans un cas étudié par Mestschersky. Admettons ces hypothèses et choisissons un axe polaire passant par un point où r décroît. Tant que le corps M partant de ce point précédera le périastre sur son orbite osculatrice, on aura $DD_0 > 0$ et $D'E_0 > 0$.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur une nouvelle méthode micrométrique interférentielle applicable aux satellites de Jupiter et aux étoiles doubles.* Note ([6]) de M. **A. Danjon**, présentée par M. Pierre Weiss.

Comme l'a fait observer M. Hamy ([7]), la sensibilité de la méthode de Fizeau-Michelson se trouve réduite dans le cas des astres faibles par suite du manque de lumière. Les diamètres des satellites de Jupiter, obtenus en 1898 par M. Hamy, avec des fentes larges, sont sensiblement plus petits que ceux qu'avait obtenus Michelson ([8]) en 1891 avec des fentes étroites.

J'ai cherché à produire des interférences, en utilisant un diaphragme percé d'une seule ouverture, centrée sur l'axe de l'instrument, et de

---

([1]) *Astr. Nachr.*, n° 2593.
([2]) *Astr. Nachr.*, n° 3807.
([3]) *M. N. R. A. S.*, 85, 1924, p. 2.
([4]) *Rend. Lincei*, 16, 1932, 2e semestre, p. 77.
([5]) *Rend. Lincci*, 16, 1932, 2e semestre, p. 324.
([6]) Séance du 29 mai 1933.
([7]) *Comptes rendus*, 127, 1898, p. 851; 128, 1899, p. 583.
([8]) *Nature*, 55, 1891, p. 161.

diamètre réglable. Au moyen d'un compensateur de Jamin, ou de tout autre dispositif équivalent, j'établis une différence de marche d'une demi-longueur d'onde, entre les faisceaux qui traversent les deux moitiés de l'objectif, séparées par un diamètre. La figure de diffraction se compose alors de deux taches lumineuses, séparées par une frange noire, entourées d'un système d'arcs et de points lumineux dont la description détaillée et la théorie seront données dans un autre recueil. J'ai discuté, pour diverses formes du contour libre de l'objectif, cercle (diaphragme-iris), carré (œil-de-chat dont les plages sont séparées par une diagonale), rectangle (fente symétrique divisée par une parallèle aux côtés mobiles), les conditions de disparition de la frange noire centrale, dans le cas où la source possède un disque circulaire de brillance uniforme, et dans celui où la source est un couple d'étoiles à composantes égales.

Si l'ouverture est circulaire, la frange s'évanouit lorsque le diamètre apparent du disque est égal à $1,86\lambda/D$, D étant le diamètre de l'ouverture libre. J'ai appliqué la méthode aux satellites de Jupiter, au moyen du grand réfracteur de Strasbourg (486^{mm}). Le micromètre interférentiel était monté à la place de l'oculaire. Il se compose d'une lentille divergente, qui transforme la lunette en un système afocal de grossissement 18,7, suivie du compensateur de Jamin; on observe l'image à l'aide d'une petite lunette de grossissement 30 dont l'ouverture peut être réglée au moyen d'un diaphragme iris. En adoptant pour λ la valeur $0^{\mu},58$ qui correspond au minimum focal de l'objectif, on voit que la frange disparaît, pour un disque de $1''$ de diamètre, lorsque l'iris a une ouverture de $11^{mm},7$. Voici les diamètres des satellites, ramenés à la distance 5,0, d'après les mesures des 25, 27, 28 et 29 mars 1933, les images étant d'une stabilité exceptionnelle. Les disques sont sensiblement circulaires.

Satellite	I.	II.	III.	IV.
Diamètre polaire	$0'',91$	$0'',79$	$1'',24$	$1'',09$
Diamètre équatorial	0,91	0,79	1,22	1,10
M. Hamy	0,98	0,87	1,28	1,31

J'obtiens des valeurs un peu inférieures à celles de M. Hamy pour les trois premiers satellites; mais le désaccord est surtout sensible pour le quatrième, dont l'albedo est seulement le tiers de celui du troisième. Voici du reste ce qu'écrit M. Hamy : « L'observation des franges relatives au quatrième satellite de Jupiter a toujours été difficile à cause du faible éclat de cet astre. Le nombre obtenu pour ce satellite est en conséquence un peu

incertain et dépasse vraisemblablement le diamètre exact. » Cet exemple met en relief le principal avantage de la méthode nouvelle : la grande luminosité du système optique.

Quelques observations d'étoiles doubles ont été faites à titre d'essai, en distance seulement, l'appareil primitif étant dépourvu de cercle. Avec une ouverture circulaire, et dans le cas d'étoiles égales, la frange disparaît quand la distance angulaire du couple est égale à 0,90 λ/D. Les valeurs suivantes (28 mars) sont en bon accord avec les éphémérides :

ζ Boo. : 0",98; ζ Cnc. : 0",51; φ UMa. : 0",43.

En modifiant convenablement la différence de marche donnée par le compensateur, on peut obtenir une frange noire à bords dissymétriques, ce qui peut être utile pour la mesure de couples à composantes inégales.

MAGNÉTISME. — *Sur le paramagnétisme et la biréfringence magnétique de l'oxygène gazeux ou liquide.* Note MM. **L. Goldstein** et **Y. Rocard**, présentée par M. A. Cotton.

On peut approximativement résumer ainsi nos connaissances sur les propriétés magnétiques de l'oxygène à l'état gazeux, liquide, ou dilué dans l'azote liquide : à la température T, la susceptibilité moléculaire (paramagnétique) est inversement proportionnelle à $T+\theta$, θ étant une constante positive égale sensiblement, d'après les mesures faites à Leyde, à $40\,\rho$, ρ étant la densité de l'oxygène.

Quant à la biréfringence magnétique de O^2 gazeux, elle n'a pu être observée, et elle est sans doute fort inférieure à la valeur prévue par la théorie de M. Langevin. Celle de l'oxygène liquide a été observée par Zernike, puis mesurée soigneusement par M. Lainé à Bellevue, grâce au grand électro-aimant de l'Académie des Sciences (*Comptes rendus* 196, 1933, p. 1218); à 90°,6 K. elle est *négative* et vaut 1,95 fois celle du nitrobenzène dans les conditions ordinaires. D'autre part, l'hypothèse que la molécule O^2 est dans un état fondamental $^3\Sigma$ amène à lui attribuer un moment magnétique entièrement dû au spin et valant $2\sqrt{2}$ magnétons de Bohr, qui explique quasi rigoureusement la susceptibilité de O^2 à l'état de gaz parfait (Van Vleck). Mais si l'on adopte ce moment permanent pour calculer par la théorie de Langevin la biréfringence magnétique de O^2 liquide, on calcule un nombre 200 fois trop fort. Les gros écarts à la loi de Curie résumés par la loi $\theta=40\,\rho$ demandent eux aussi à être expliqués.

Nous croyons rendre compte de l'ensemble des faits en introduisant une hypothèse que nous a inspirée la spectroscopie : l'analyse de certaines bandes de O^2 y a révélé des triplets très fins qui ont été interprétés par Kramers (*Zeit. f. Phys.*, 53, 1929, p. 422), comme dus aux niveaux triplets de rotation à l'état électronique fondamental correspondant aux trois projections $\sigma = +1, 0, -1$ de son spin résultant sur l'axe de rotation (et non sur l'axe géométrique joignant les noyaux). Dans l'état $\sigma = 0$, le spin est dans une direction arbitraire perpendiculaire à l'axe de rotation. Nous pensons alors qu'il peut y avoir des transitions d'un état σ à un autre dans une même molécule, et même que ces transitions sont extrêmement fréquentes dans les chocs : la mécanique quantique montre que de tels phénomènes sont possibles, comme cas particuliers de transfert d'activation.

Si l'on admet ceci, il en résulte que la fonction de distribution des orientations moléculaires dans un champ magnétique va être profondément différente de celle de Boltzmann-Langevin : les molécules dans les états $\sigma = \pm 1$ n'ont pas le temps dans leur courte vie de s'adapter à la statistique de Boltzmann, valable seulement pour des systèmes permanents, et les molécules dans l'état $\sigma = 0$ n'ont aucune tendance à l'orientation de leur axe géométrique. Nous avons pu développer l'analyse des orientations moléculaires de telles molécules à « moment transient », mais cette analyse, dont la forme diffère suivant que la vie moyenne d'un état σ est supposée petite ou grande devant la durée nécessaire à l'établissement d'une statistique de Boltzmann, est trop complexe pour être résumée ici. Nous dirons simplement qu'en admettant qu'une molécule O^2 change d'état σ une fois tous les six chocs avec une autre molécule O^2, et en admettant une proportion α de molécules dans les états $\sigma = \pm 1$ voisine de 0,33 on explique numériquement la biréfringence magnétique (mesures de Lainé) et le paramagnétisme de O^2 (écarts à la loi de Curie). Or la proportion $\alpha = 0,33$ est très vraisemblable pour des raisons de probabilité géométrique, et un changement d'état σ une fois tous les six chocs donne une vie moyenne qui est bien de l'ordre de grandeur fourni par nos calculs préalables à partir de la théorie des transferts d'activation.

Voici quelques résultats de calculs. Pour une vie moyenne courte (O^2 liquide), la biréfringence est

$$n_{\parallel} - n_{\perp} = -\frac{(n^2-1)(n^2+2)}{20n}\,\delta\,\frac{H^2}{K^2T^2}\,\frac{\mu^2}{9}\left[1 - e^{-\frac{6KT}{8\pi\eta a^3}\left(\frac{\tau}{\alpha}\right)}\right]^2 \left(\frac{\alpha}{2\tau}\right)^2 \left[\tau - \tau_0\left(1 - e^{-\frac{\tau}{\tau_0}}\right)\right]^2,$$

δ, anisotropie optique; μ, moment magnétique; a, rayon de la molécule; τ, vie moyenne

d'un état σ : η, coefficient de viscosité ; $\tau_0 = 1/8\pi\eta a^3$; I, moment d'inertie. Le signe négatif de la biréfringence résulte simplement du fait que quand le spin est fixé à une direction de la molécule, cette direction est l'axe de rotation, c'est-à-dire une direction de faible polarisation optique, alors que l'axe géométrique, qui est certainement la direction de forte polarisation, va par voie de conséquence tendre à se mettre perpendiculaire au champ. On peut même dire que ce signe de la biréfringence constitue une preuve directe de ce que la molécule O^2 dans son état électronique fondamental $^3\Sigma$ a son spin couplé à l'axe de rotation.

Pour la susceptibilité paramagnétique, une formule de première approximation pour des vies moyennes τ longues est

$$\text{susceptibilité moléculaire} = \frac{\mu^2 N}{3K} \frac{1}{T + \alpha \frac{4\pi\eta a^3}{K\tau}};$$

τ est inversement proportionnel à la densité. On voit qu'on retrouve une loi de Curie-Weiss avec un θ positif. *Il est important de remarquer que l'idée des moments transients introduite ici conduit à la forme de la loi de Curie-Weiss sans aucun appel à la notion de champ moléculaire négatif.*

Pour une vie moyenne τ petite, on a au contraire pour la susceptibilité moléculaire en première approximation

$$\frac{N\mu^2}{3KT}\left[1 - \alpha\left(1 - \frac{KT\tau}{8\pi\eta a^3}\right)\right].$$

Cette formule s'applique au cas de l'oxygène liquide.

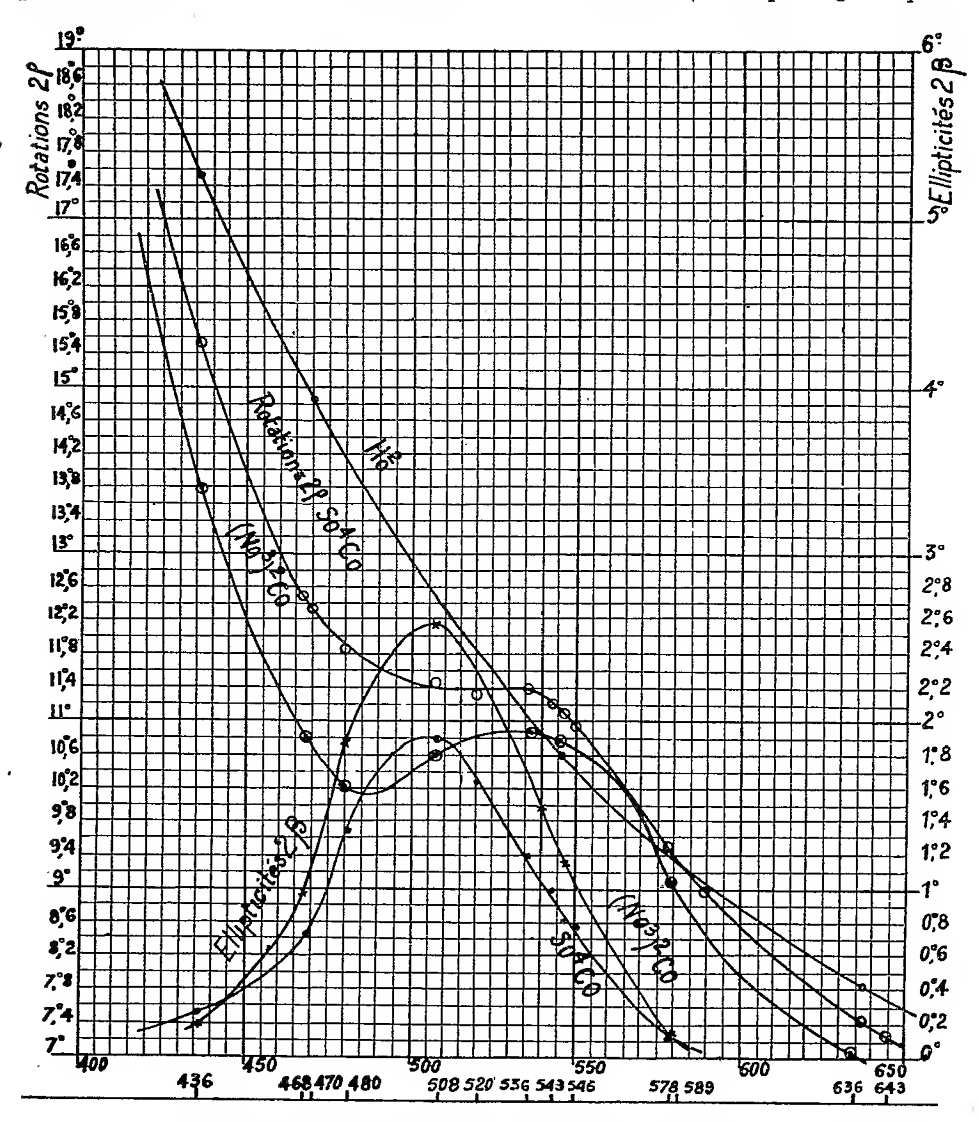
MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Dichroïsme circulaire magnétique des solutions aqueuses de sulfate et de nitrate de cobalt.* Note de MM. **M. Schérer** et **R. Cordonnier**, présentée par M. A. Cotton.

La position des bandes d'absorption dans le spectre visible des solutions aqueuses des sels de cobalt les rend particulièrement favorables à une étude complète du dichroïsme circulaire magnétique. Cette propriété, dont l'existence a été signalée par l'un de nous ([1]) sur le chlorure de cobalt existe aussi pour les solutions de sulfate et de nitrate du même métal.

Sur le sulfate, nous avons d'abord fait l'un et l'autre deux séries de mesures indépendantes : l'un de nous (S) utilisant le grand électro-aimant

([1]) M. Schérer, *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 950.

de Bellevue, l'autre (C) l'électro-aimant Weiss de la Faculté des Sciences de Lille; cet instrument n'a que 20cm de noyaux, il lui avait suffi cependant pour observer de son côté le dichroïsme circulaire (champ magnétique de



21000 gauss, entrefer 9mm, cuve de 5mm d'épaisseur). Nous donnerons ici les résultats obtenus en étudiant de nouveau à Bellevue les solutions de sulfate et celle de nitrate.

Le montage et les sources employés sont ceux précédemment décrits. Nous avons

de plus, à l'aide d'un monochromateur Schmidt et Hænsch, utilisé des bandes étroites (30 à 40 Å) du spectre d'un arc au charbon; la lumière diffusée était éliminée par un second monochromateur à déviation constante. Les courbes données sont relatives à une épaisseur de liquide de 4^{mm}, à un entrefer d'environ 8^{mm}, et aux pièces polaires percées $2r = 60^{mm}$ du grand électro-aimant. Les mesures ont été faites au voisinage de la température de 19°. Les écarts des mesures peuvent atteindre une dizaine de minutes pour 2β et 2ρ dans les régions les plus absorbées où le dichroïsme est le plus fort.

La figure représente les courbes de dispersion du dichroïsme circulaire et de la rotation magnétique d'une solution de sulfate de cobalt de densité $d_{10} = 1,117$ et contenant $c = 0^{g},0438$ de Co au centimètre cube et d'une de nitrate $d_{19} = 1,158$, $c = 0,0643$. (L'analyse de ces solutions a été faite par Mlle Delwaulle.)

Dichroïsme. — *a.* Dans les trois sels, les vibrations circulaires ayant le sens des courants d'Ampère sont les moins absorbées.

b. Pour les trois sels, les courbes de dichroïsme ont la même allure, le maximum a lieu au voisinage de $\lambda = 410^{m\mu}$, la nature de l'anion ne présente donc pas une influence sensible sur la position de ce maximum.

c. Une autre solution de sulfate ($d_{16} = 1,27, c = 0,113$) a donné pour $\lambda = 508^{m\mu}$ une valeur de $2\beta = 2°,28$. Le dichroïsme des solutions de ce sel est donc sensiblement proportionnel à la concentration en cobalt : rapport des dichroïsmes, 2,59; des concentrations, 2,57. Admettons cette proportionnalité pour les trois sels et comparons les rapports des ellipticités aux valeurs de c, on trouve que ces rapports ont sensiblement la même valeur numérique qui ne semble pas dépendre de l'anion :

	$(NO^3)^2Co$.	SO^4Co.	$CoCl^2$.
2β	2°,58	1°,90	3°
$\frac{2\beta}{c}$	40,1	43,3	42,6
	($c = 0,0704$)		

Rotations. — Les courbes de dispersion rotatoire magnétique des solutions confirment les résultats de W. Roberts et ceux de E. Miescher, qui avait de son côté étudié cette dispersion [1].

Les courbes relatives au sulfate et au nitrate donnent pour le sel des rotations négatives dans le domaine des courtes et des grandes longueurs

[1] W. Roberts, *Phil. Mag.*, 9, 1930, p. 361, et E. Miescher, *Helvetica Physica Acta*, 3, 1930, p. 117.

d'onde du spectre visible ; elles ont deux points d'inflexion, les rotations du côté des courtes longueurs d'onde étant les plus fortes. Rappelons que les rotations négatives vers 1 μ ont été signalées sur le sulfate et le nitrate de cobalt par Ingersoll, alors qu'elles sont positives pour le chlorure dans cette même région. Les courbes de dispersion semblent donc montrer une structure plus complexe des bandes des sulfate et nitrate de cobalt.

SPECTROSCOPIE. — *La structure du spectre K des atomes très légers.* Note de M. **A. Hautot**, présentée par M. Ch. Fabry.

Dans de précédentes Notes (¹), j'ai signalé l'existence d'une structure fine des raies K du carbone et du bore. Pour le carbone, j'ai observé, à côté de la raie α normale, deux raies de plus courte longueur d'onde que j'ai interprétées comme deux raies d'atome ionisé ; ce résultat a été ultérieurement confirmé par Prins (²) ; j'ai signalé aussi que le spectre K du carbone paraît être du même type que le spectre K des atomes plus lourds (Na, par exemple). La raie K du bore, que j'ai résolue en deux composantes, est d'un type très différent.

Les considérations théoriques suivantes permettent de prévoir quel type de structure l'on doit probablement s'attendre à observer pour les atomes très légers; elles paraissent être confirmées par les résultats expérimentaux que j'ai obtenus jusqu'à présent.

Différents essais d'interprétation des satellites du spectre K α des atomes moyens et lourds ont été proposés; j'ai montré (*Mém. de la Soc. Royale des Sciences de Liège*, 3ᵉ série, 18, 1933) que l'interprétation proposée par Langer peut seule rendre compte des résultats expérimentaux. Pour expliquer l'existence des cinq satellites bien connus, Langer admet la possibilité d'une ionisation initiale de l'une ou l'autre des deux sous-couches L_1 et L_2 en même temps que l'ionisation de la couche K. Langer admet donc l'un ou l'autre des deux processus suivants :

1° L'état initial est KL_1 et l'état final est $L_1 L_2$.

2° L'état initial est KL_2 et l'état final est L_2^2.

Une remarquable confirmation de l'explication de Langer a été donnée par Hugh C. Wolfe (³) qui a pu calculer les fréquences des cinq satellites

(¹) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 1383; **196**, 1933, p. 688.

(²) *Zeitschrift für Physik*, **81**, VII et VIII, 1933, p. 507.

(³) *Physical Review*, **43**, IV, 1933, p. 221.

dans le cas du potassium. Moyennant une très légère modification au schéma de Langer, Wolfe a retrouvé par le calcul, avec une excellente approximation, les fréquences expérimentales. Voici le schéma de Langer convenablement modifié :

$$\alpha' : 1s\,2p\,{}^1P \rightarrow 2p\,2p\,{}^1S$$
$$\alpha_3 : 1s\,2s\,{}^3S \rightarrow 2s\,2p\,{}^3P$$
$$\alpha_4 : 1s\,2s\,{}^1S \rightarrow 2s\,2p\,{}^1P$$
$$\alpha_5 : 1s\,2p\,{}^3P \rightarrow 2p\,2p\,{}^3P$$
$$\alpha_6 : 1s\,2p\,{}^1P \rightarrow 2p\,2p\,{}^1D$$

$${}^1S \xrightarrow{\alpha_4} {}^1P \qquad {}^3S \xrightarrow{\alpha_3} {}^3P \qquad \text{et} \qquad {}^1P \xrightarrow{\alpha'} {}^1S \qquad {}^1P \xrightarrow{\alpha_6} {}^1D \qquad {}^3P \xrightarrow{\alpha_5} {}^3P$$

Le schéma précédent paraît s'appliquer d'une manière excellente aux satellites du spectre K des atomes très légers de la première rangée horizontale du système périodique des éléments, à partir de C_6.

Prenons, par exemple, le cas de C_6 ; cet atome comprend 2 électrons $1s$, 2 électrons $2s$ et 2 électrons $2p$. Les quatre états KL_1, L_1L_2, KL_2 et L_2^2 sont donc possibles et l'on doit s'attendre à observer, à côté de la raie $K\alpha$ ordinaire, les cinq satellites ci-dessus. Il en est de même pour N_7, O_8, F_9.

Pour B_5, le schéma de Langer n'est plus entièrement valable ; en effet, pour cet atome, l'état L_2^2 n'est plus possible (il n'y a qu'un seul électron $2p$) et les seules raies possibles sont α_3 et α_4 ; il y a lieu de remarquer que l'état KL_2 pouvant exister, mais ne pouvant subsister indéfiniment, l'état L_2^2 sera forcément remplacé par un autre état sur la nature duquel on ne peut faire que des hypothèses (par exemple un électron de la couche L_1 peut être porté dans un état excité avant de retomber sur la couche K). On doit donc s'attendre à observer, pour B_5, à côté du doublet α_{34}, une ou plusieurs raies satellites ayant un caractère semi-optique, l'état KL_2 apparaissant comme un état métastable.

Pour l'atome Be 4, les choses sont encore moins bien définies car même le doublet α_{34} ne peut plus exister, l'état L_1L_2 n'étant plus possible. Le spectre K doit avoir un caractère semi-optique qui le différencie complètement du spectre K classique.

Les considérations précédentes semblent être bien confirmées par les résultats expérimentaux que j'ai obtenus jusqu'à présent. Pour le carbone, on retrouve le schéma ci-dessus si l'on admet que les trois raies signalées sont la raie α normale, le groupe non résolu des raies voisines α', α_3, α_4 et le doublet non résolu α_{56}. Pour le bore, j'observe une raie assez fine qui serait, dans le cadre de l'explication ci-dessus, le doublet non résolu α_{34}, et une raie large qui serait la raie de caractère semi-optique.

Les structures relatives à N_7 et O_8 permettront de voir si le schéma de Langer est vraiment applicable à ces atomes, comme il l'est à C_6; au contraire, pour Be 4, comme pour B_5, il est probable que le schéma de Langer ne sera plus valable. Il serait d'ailleurs important de faire un calcul semblable à celui de Wolfe pour les différents atomes ci-dessus.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Évaporation et oxydation des revêtements à base de goudron de houille.* Note (1) de M. **A. Léauté**, transmise par M. G. Charpy.

Depuis quelques années, les goudrons bruts des usines à gaz ont été partiellement remplacés, pour le revêtement des routes, par des goudrons dits « préparés », dont l'eau et les huiles légères ont été préalablement extraites. L'eau et les huiles légères, quand le goudron est épandu en couche mince sur une chaussée, entraînent dans leur départ d'autres éléments dont on espère que, seuls, ils seront plus stables. Je me suis proposé de rechercher si cet espoir se réalisait effectivement et, en outre, de fixer l'influence qu'exerce sur cette évaporation l'addition au goudron de fines particules solides, de préférence de charbon, que j'ai antérieurement préconisée pour d'autres motifs et auxquelles on a donné le nom de *filler*.

Les expériences ont été conduites en constituant, au laboratoire, de minuscules éléments de route par des plaquettes métalliques, minces et planes, de 100^{cm^2}, sur lesquelles on épand le goudron au dosage de $0^{kg},5$ par mètre carré. On se place ainsi dans le cas des goudronnages d'entretien, à cela près toutefois que le substratum métallique diffère du réel qui soumet le revêtement hydrocarburé à l'influence des eaux souterraines. Mais des expériences ultérieures rendront compte des effets de délavage.

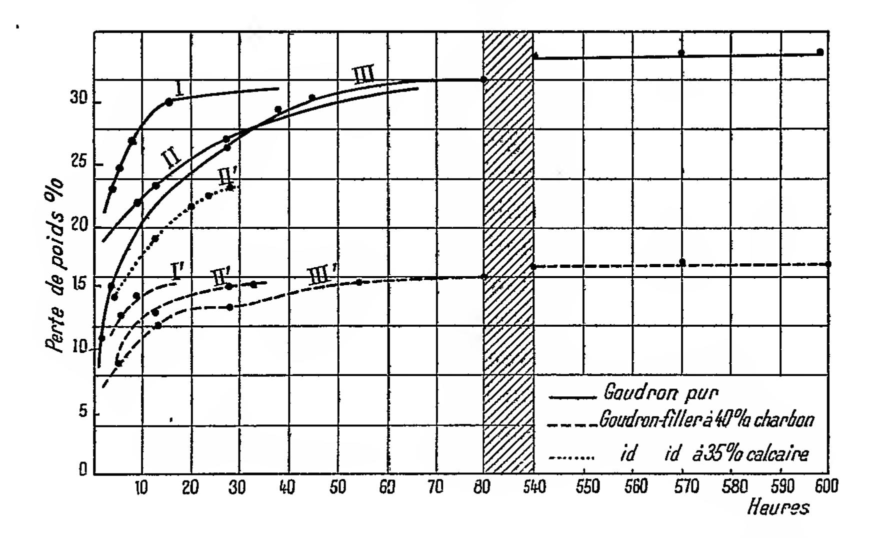
Après avoir reçu leur charge de goudron, répandue avec régularité, les plaquettes sont mises dans une étuve dont la température est maintenue chaque jour entre 65 et 75° C. pendant 8 heures, puis baisse lentement jusqu'à 50° pendant les seize autres heures. La porte de l'étuve reste fermée, mais il existe de petits orifices de communication avec l'extérieur. Les plaquettes sont ainsi placées dans des conditions comparables à celles de revêtements insolés, par jour de grande chaleur, en atmosphère calme (2). Les pertes de poids sont mesurées à intervalles réguliers. Les tableaux des mesures détaillées ne pouvant être insérés ici, les résultats généraux seront seuls consignés.

(1) Séance du 29 mai 1933.

(2) Sur route, on a effectivement relevé des températures de 65° C. au sein de revêtements noirs.

a. Goudron employé seul. — Le goudron utilisé était un goudron préparé. A la distillation fractionnée, il n'abandonnait que 3 pour 100 de son poids jusqu'à 180°, et il fallait atteindre la température de 320° environ pour le transformer en un brai sec et cassant.

Soumis au mode opératoire ci-dessus décrit, ce même goudron a été l'objet d'une évaporation dont la vitesse, ainsi que le montrent les courbes en traits pleins de la figure, semble être d'abord sous la dépendance de



causes fortuites (renouvellement de l'air, etc.); mais finalement la perte de poids tend vers une limite assez bien déterminée qui, pour le goudron utilisé, a atteint, après 600 heures, le chiffre considérable de 34,5 pour 100, soit 11 fois environ la perte qui se fût produite à la distillation fractionnée, à une température beaucoup plus élevée.

Cette perte de poids de 34,5 pour 100 rend le revêtement aussi cassant qu'une distillation à 320° et l'on a reconstitué ainsi, par évaporation, le vieillissement naturel du goudron sur route sans avoir à faire intervenir l'oxydation à laquelle la littérature technique avait souvent attribué le rôle principal.

b. Goudron additionné de poudre solide. — Si l'on substitue au goudron, sur les plaquettes, une mixture de même poids total, contenant 60 parties en poids du même goudron et 40 de poudre de charbon (*filler*), la perte de poids, que mesurent les courbes en traits interrompus, n'atteint, après 600 heures, que la valeur de 16,5 pour 100.

Dans la mixture, le goudron ne subit, par rapport à son propre poids

initial, qu'une perte relative de 16,5 : 0,6, soit 27 pour 100. Le filler charbonneux exerce donc une action spécifique qui retarde l'évaporation des éléments légers. Grâce à lui, le goudron dans son état final contient, en plus du brai, auquel, employé seul, il se fût réduit, un reliquat d'huiles égal à 12 pour 100 environ du poids de ce brai et qui lui conserve une essentielle malléabilité.

Les mêmes résultats n'ont pas été obtenus lorsqu'on a substitué au filler de charbon une poudre incombustible.

CHIMIE MINÉRALE. — *Formation directe de l'iodure de bismuthyle par union de l'iodure et de l'oxyde de bismuth. Sa dissociation par la chaleur.* Note de M. **F. François** et M[lle] **L. Delwaulle**, présentée par M. H. Le Chatelier.

L'hydrolyse à chaud, par une grande quantité d'eau, de l'iodure de bismuth conduit à l'iodure de bismuthyle BiOI et en constitue dans l'état actuel de nos connaissances l'unique mode d'obtention ([1]). L'union directe de BiI^3 et de Bi^2O^3 n'est pas signalée dans la littérature chimique : nous avons réalisé cette réaction nouvelle dans les différentes conditions suivantes :

I. *Par chauffage de l'iodure et de l'oxyde de bismuth solides dans le vide.* — La réaction n'a pas lieu à la température ordinaire, mais s'amorce, très lente, dès 100° : le mélange des corps commence à rougir.

La vitesse de combinaison croît rapidement avec la température. A 290°, température qui paraît la plus favorable, on a maintenu 12 heures un mélange en proportions équimoléculaires de BiI^3 et de Bi^2O^3 secs, dans un tube vide de gaz. Une extrémité du tube était laissée à une température un peu plus basse; on y recueillait un sublimé cristallin de BiI^3 (45^{mg}), soit 4 pour 100 du BiI^3 mis en jeu. Le résidu solide du chauffage était constitué uniquement de BiOI et de 4 pour 100 de Bi^2O^3 initial. A cette température la réaction

$$BiI^3 + Bi^2O^3 \underset{2}{\overset{1}{\rightleftharpoons}} 3BiOI$$

([1]) Berthemot, *J. Pharm. Chim.*, 2e série, 14, 1828, p. 616; Muir, *Chem. New*, 33, 1876, p. 199; 34, 1876, p. 203; Muir, *J. Chem. Soc.*, 31, 1877, p. 24; De Schulten, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, 23, 1900, p. 156.

est une réaction équilibrée. En effet, le chauffage dans des conditions identiques d'une quantité de BiOI pur, égale à celle qui serait susceptible de se former dans la synthèse totale (sens 1), a donné 30^{mg} de BiI^3 sublimé (sens 2).

La différence des masses d'iodure BiI^3 recueillies dans ces deux expériences (sens 1 et sens 2) paraît tenir à la volatilisation, avant réaction, d'une partie de l'iodure mis en jeu, qui a ainsi échappé à la combinaison.

L'existence d'une paroi froide dans le tube de réaction nous empêche dans le cas présent de trouver la limite de l'équilibre, mais elle donne une idée du sens et de la vitesse de réaction.

La vitesse de la réaction dans le sens 2 augmente rapidement avec la température. A 620° à condition de maintenir une paroi froide qui condense BiI^3, on arrive en 3 heures à une décomposition totale.

Ces expériences infirment l'opinion actuellement admise que le composé BiOI peut être sublimé sans décomposition.

Les réactions 1 et 2 n'avaient pas encore été signalées. Nous nous proposons d'étudier l'équilibre auquel elles donnent lieu.

II. *A la température ordinaire.* — *a*. Par agitation dans l'eau du mélange : BiI^3 et Bi^2O^3.

Un mélange des deux corps agité dans l'eau rougit rapidement; au bout de quelques jours il est constitué en majeure partie de BiOI en présence d'un peu de ses constituants restés inaltérés. Le mécanisme paraît s'expliquer par l'hydrolyse légère de BiI^3

(1) $$BiI^3 + H^2O = BiOI + 2HI$$

constamment déplacé par réaction de Bi^2O^3 sur l'acide HI formé

(2) $$Bi^2O^3 + 2HI = 2BiOI + H^2O.$$

En définitive, la réaction globale s'exprimerait par

(3) $$BiI^3 + Bi^2O^3 = 3BiOI.$$

A la température ordinaire, BiI^3 n'est que lentement et faiblement hydrolysé par l'eau, la présence de Bi^2O^3 favorise grandement la vitesse de formation de BiOI.

BiOI étant inaltéré par l'eau la réaction n'est pas réversible.

Il y a lieu de remarquer que nous ne sommes pas parvenus à la rendre totale.

b. Par action de l'oxyde de bismuth sur les solutions d'iodure de bismuth dans l'iodure de potassium.

Bi^2O^3 est sans action sur IK. Agité dans une solution de BiI^3 dans IK, il fixe BiI^3 en donnant BiOI sans que le phénomène d'hydrolyse précédemment cité semble intervenir.

Si BiI^3 est en excès, on obtient BiOI pur.

Il faut au contraire que Bi^2O^3 soit en excès pour que l'iodure de bismuth disparaisse totalement de la liqueur.

La réaction exige quelques jours à la températurs ordinaire; mais elle est activée par l'élévation de la température : après ébullition à volume constant, pendant un quart d'heure, de 50^{cm^3} d'une solution contenant 2/1000e de molécule BiI^3 dissous dans IK (cette solution ne subissait aucune hydrolyse par ébullition), additionnés de 2/1000e de molécule Bi^2O^3, la liqueur ne contenait plus que 4/100000e de molécule BiI^3, soit 1/50e du BiI^3 initial. La partie solide était constituée par 688/100000e de molécule BiOI et 4/100000e de molécule Bi^2O^3.

L'union directe de BiI^3 et de Bi^2O^3 mène donc facilement à BiOI, soit par voie sèche, soit par voie humide, et, par calcination à l'abri de l'air, BiOI se scinde en ses constituants.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Deux dérivés acétylés du sorbose.*
Note de M. G. **Arragon**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

A partir du sorbose obtenu par oxydation biochimique de la sorbite des baies de sorbier, nous avons préparé deux dérivés acétylés : le pentaacétyl et le tétraacétyl sorbose.

Nous avons employé les méthodes d'acétylation indiquées par Hudson et Brauns [1] et appliquées également par Haworth [2] au fructose.

Le pentaacétyl-sorbose se forme très facilement à la température ordinaire : 10^g de sorbose porphyrisé sont ajoutés peu à peu à 100^{cm^3} d'anhydride acétique additionné de 4^g de chlorure de zinc. La température est maintenue à 0° pendant l'acétylation ; à la fin de la réaction elle est ramenée à 20° pendant 4 à 5 heures. On hydrolyse par 100^{cm^3} d'eau l'excès d'anhydride acétique, puis on neutralise avec 80^g de bicarbonate de sodium. On épuise trois fois le liquide par le chloroforme ; on sèche la solution chloroformique sur du chlorure de calcium et on la distille sous pression réduite jusqu'à obten-

---

(1) *Journ. Am. Chem. Soc.*, 37, II, 1915, p. 2738.
(2) *Journ. Chem. Soc.*, mai 1927, p. 1040.

tion d'un sirop clair qui cristallise au bout de quelques jours. Les cristaux sont lavés à l'éther et recristallisés dans l'alcool absolu. 20^g de sorbose traités nous ont donné 9^g de produit cristallisé en aiguilles.

Le point de fusion est de $+ 99°$ après recristallisation dans l'alcool. Il reste constant dès la deuxième cristallisation.

Le pouvoir rotatoire a été pris dans le chloroforme à 20°, pour la raie jaune du mercure, sur le produit de recristallisations successives :

Première mesure :

$$\alpha \text{ lu} = -32', \qquad [\alpha]_{578}^{20} = \frac{32' \times 50}{2^g,5 \times 4} = +2°40';$$

Deuxième mesure :

$$\alpha \text{ lu} = +15',6, \qquad [\alpha]_{578}^{20} = \frac{15',6 \times 25}{1,2355 \times 2} = +2°38';$$

Troisième mesure faite après la cinquième recristallisation :

$$\alpha \text{ lu} = +33', \qquad [\alpha]_{578}^{20} = \frac{33' \times 25}{1,2505 \times 4} = +2°45'.$$

Le dérivé préparé possède donc un faible pouvoir rotatoire droit; il ne présente pas de mutarotation.

L'analyse a été faite par la méthode suivante :

Le dérivé acétylé est saponifié à 0° par une solution de soude $n/10$. L'acide acétique formé est titré en retour par l'acide sulfurique $n/10$ et le sucre libéré est dosé par la méthode de G. Bertrand.

Résultats pour $0^g,208$ de produit :

Trouvés : 157^{mg} d'acide acétique + $95^{mg},4$ de sorbose;
Théories : 158^{mg} d'acide acétique + 96^{mg} de sorbose.

Deux autres préparations ont donné des résultats semblables.

Le tétraacétyl-sorbose se forme dans des conditions très voisines. La température doit être constamment maintenue à 0° même pendant la neutralisation par le bicarbonate. On a déterminé les conditions optima de la réaction de la manière suivante : on a agité pendant 6 heures à 0°, 250^{cm^3} d'anhydride acétique additionnés de 6^g de chlorure de zinc et de quantités variables de sorbose; on a recueilli le sucre non transformé, insoluble dans l'anhydride, par essorage rapide à 0° et lavage au chloroforme. Puis on a dosé par la méthode de G. Bertrand le sucre resté dans la solution aqueuse après épuisement au chloroforme. On a eu ainsi par addition tout le sorbose non transformé et par différence avec le sucre primitif la partie entrée en réaction.

Le meilleur rendement, de 40 pour 100, a été obtenu par agitation mécanique violente de 30^{g} de sorbose en présence de 250$^{cm^3}$ d'anhydride. Les sirops obtenus, de couleur jaune clair, mis dans le vide en présence de chlorure de calcium et de potasse caustique, ont fini par cristalliser; on a essoré les cristaux, on les a lavés à l'éther et on les a fait recristalliser.

Le point de fusion est de $+95^{\circ}$ et s'élève à 96° après recristallisation. On doit cependant noter que, par recristallisation dans l'éther chaud, on obtient un très beau produit cristallisé qui fond à $+65^{\circ}$; renfermant vraisemblablement de l'éther de cristallisation. Ce produit, en effet, placé dans le vide à 30° perd 5 pour 100 de son poids et le point de fusion s'élève à nouveau à $+96^{\circ}$.

D'après les chiffres trouvés par la perte de poids et l'analyse, on peut prévoir qu'il y a 3^{mol} d'acétyle pour 1^{mol} d'éther.

Des cristallisations dans le benzène donnent des cristaux fondant à 96°.

Le pouvoir rotatoire a été mesuré dans les mêmes conditions que pour le pentaacétyl.

Première mesure :

$$\alpha \text{ lu} = -1^{\circ}41', \qquad [\alpha]_{578}^{20} = \frac{-1^{\circ}41',4 \times 25}{0^{g},994 \times 2} = -21^{\circ}15';$$

Deuxième mesure :

$$\alpha \text{ lu} = -1^{\circ}45', \qquad [\alpha]_{578}^{20} = \frac{-1^{\circ}45' \times 25}{0^{g},505 \times 2} = -21^{\circ}38'.$$

Cette mesure a été faite après cinq recristallisations dans l'éther et dessiccation dans le vide.

Ce dérivé possède donc un pouvoir rotatoire gauche notable; il ne présente pas de mutarotation.

L'analyse a été faite sur le produit de quatre préparations de la même manière que pour le dérivé précédent. Nous avons calculé d'après les résultats trouvés les chiffres correspondant au tétraacétyl-sorbose.

Dérivé tétraacétylé		Acide acétique		Sorbose	
pesé.	calculé.	trouvé.	théorique.	trouvé.	théorique.
mg 208	mg 201,4	mg 141,2	mg 143,4	mg 101,8	mg 107,3
202	199,7	137,3	137,9	103,7	104,2
204	203,1	142,0	140,5	103,0	105,2
202	201,1	139,8	139,2	102,8	104,4

Ces chiffres montrent qu'aux erreurs analytiques près, le tétraacétyl-sorbose ainsi préparé est exempt de pentaacétyl.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur l'évolution barométrique* (1).
Note (2) de M. G. **Dedebant**, présentée par M. E. Fichot.

L'expérience des cartes quotidiennes d'isobares montre que le champ *total* de la pression barométrique $P(x, y, t)$, résulte de la superposition : 1° d'un champ *stable* $S(x, y)$; 2° d'un champ de *perturbations* $f(x, y, t)$.

La méthode des variations (école française) élimine la partie stable du champ total, par soustraction des pressions observées en une même station, à deux instants différents.

L'intérêt de la variation est qu'elle donne une image de la perturbation pure, dépouillée du relief du champ stable.

Si l'on analyse, à son tour, la perturbation ainsi isolée, on reconnaît à ses transformations deux caractères :

a. Une migration d'ensemble, à la vitesse Ω, uniforme dans une assez grande région, et assez constante dans le temps.

Cette migration peut être mesurée par le déplacement des centres des noyaux de variations ou par celui des fronts norvégiens. Elle s'opère à peu près parallèlement aux isobares du champ stable (rotation des courants de perturbation autour des centres d'action).

b. Une évolution proprement dite (creusement et comblement de la perturbation), dont la connaissance serait très utile à la Prévision du temps, car c'est cette évolution qui commande les aggravations ou les améliorations soudaines.

Nous avons déjà montré (*loc. cit.*) qu'en un centre, isobarique, la tendance était égale à l'évolution instantanée. Nous nous proposons, présentement, *d'isoler* l'évolution barométrique d'une manière générale, de même que la méthode des variations isole les perturbations.

Traduisons analytiquement les remarques précédentes.

Choisissant un système de coordonnées curvilignes formé par les lignes de flux de la migration et leurs trajectoires orthogonales, on peut mettre le champ total de pression sous la forme analytique :

$$\underset{\text{ch. total}}{P(x, y, t)} = \underset{\text{ch. stable}}{S(x, y)} + \underset{\text{ch. migrateur}}{g(x - \Omega t, y)} + \underset{\text{ch. d'évolution}}{\varphi(x, t, y)}.$$

(1) *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 359; **189**, 1929, p. 1901; **194**, 1932, p. 1673.

(2) Séance du 29 mai 1933.

On isole très facilement le champ d'évolution $\varphi(x, t, y)$ en formant la combinaison

$$\Omega \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial P}{\partial t} = E(x, y, t).$$

En effet :

1° Le champ stable donne le terme $\Omega \partial S / \partial x$, qui est nul puisque le mouvement de la perturbation s'opère parallèlement aux isobares du champ stable;

2° Le champ migrateur ne donne rien, identiquement;

3° Le champ d'évolution donne

$$\Omega \frac{\partial \varphi}{\partial x} + \frac{\partial \varphi}{\partial t},$$

expression qui n'est autre que *l'évolution instantanée* $\partial\varphi / \partial t$, variation de φ, *en suivant un point dans son mouvement.*

On a donc finalement

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} = E(x, y, t),$$

où E est une fonction connue à partir du champ total et du mouvement de la perturbation.

On peut donner à E une forme significative. Soient ω la vitesse normale d'une isobare (*loc. cit.*), θ l'angle de l'isobare avec la direction de migration et τ la tendance. Il est facile de voir que

$$E = \tau\left(1 - \frac{\Omega}{\omega}\sin\theta\right).$$

On déduit de là en particulier que, le long des lignes où $\theta = 0$ (lieu des points où l'isobare est tangente à la direction de migration) et le long de celles où les isobares ont une tangente indéterminée (fronts norvégiens), on a

$$E = \tau,$$

c'est-à-dire que la tendance y représente l'évolution. Pour cette raison, nous appellerons ces lignes qui sont, en pratique, les lignes de creux des thalwegs et les lignes de faîte des dorsales du champ total, *lignes d'évolution pure.*

On conçoit que ces lignes puissent jouer un rôle important dans la détermination du champ de la pression future, car : 1° l'évolution y est

facile à préciser; 2° correspondant à peu près aux lignes de thalwegs et aux lignes de faîte, elles donnent l'*ossature* du champ de pression.

Remarque. — Dans une zone où $\Omega = 0$, c'est-à-dire où il n'y a pas de déplacement des perturbations, la tendance mesure également l'évolution. C'est souvent le cas des variations barométriques en Méditerranée.

BOTANIQUE. — *Sur la présence de matières protéiques dans la membrane pecto-cellulosique.* Note de M. **André Dauphiné**, présentée par M. Molliard.

La membrane pecto-cellulosique a longtemps été considérée comme un produit résultant de l'activité du cytoplasme, excrété par lui à sa périphérie, et son accroissement, tant en surface qu'en épaisseur, a donné lieu à différentes théories (Naegeli, Strassburger, Pfeffer). Depuis les dernières années du XIXe siècle, d'autres auteurs ont admis que la membrane pourrait posséder un pouvoir propre d'accroissement grâce à un protoplasme spécial contenu dans son intimité (théorie des dermatosomes de Wiesner), ou à des diverticules émis par l'ectoplasme et pénétrant au sein d'un réseau de cellulose et d'hémicellulose (Hansteen-Cranner).

A la suite d'un grand nombre d'observations, il m'a été possible de réunir des faits concordants et de nature à prouver l'existence dans la membrane de substances protéiques voisines de celles du cytoplasme. Le siège de ces substances serait essentiellement dans la lamelle moyenne où leur présence serait en rapport avec la persistance et peut-être avec l'accroissement de la membrane protéique primordiale.

Mes observations ont porté sur des méristèmes, des parenchymes et des collenchymes de plusieurs espèces appartenant à différents groupes : Cryptogames vasculaires, Gymnospermes, Dicotylédones, Monocotylédones. D'une manière générale, les réactifs spécifiques des substances albuminoïdes (Millon, Raspail, réactions du biuret et xanthoprotéique, ninhydrine), ont donné des résultats négatifs ou peu probants sauf pour une espèce, le *Polypodium vulgare*, chez lequel j'ai obtenu des réactions positives dans la lamelle moyenne des jeunes cellules parenchymateuses du rhyzome avec les réactions de Millon, de Raspail et xanthoprotéique. Au contraire, des résultats positifs et constants ont été obtenus en employant la méthode de Derrien et Turchini (*Bull. de la Soc. des Sciences médicales*

et biologiques de Montpellier, 4, 1924), basée sur la propriété d'adsorption des matières protéiques vis-à-vis du tannin. Les tissus sont traités par une solution aqueuse de tannin en présence d'acide acétique et soigneusement lavés pour éliminer les traces de tannin non adsorbé. La présence du tannin peut ensuite être mise en évidence par le perchlorure de fer ou le bichromate de potasse. Dans ces conditions, j'ai obtenu, surtout chez des tissus jeunes, des réactions positives dans la lamelle moyenne et tout particulièrement aux angles des cellules, au point de jonction des lamelles moyennes. La coloration se présente généralement d'une manière nette et intense dans la lamelle pectique; elle peut être plus ou moins diffuse dans la région pecto-cellulosique; elle est nulle ou à peu près nulle dans la pellicule cellulosique qui tapisse la paroi interne de la membrane.

On peut objecter à cette méthode que les membranes peuvent posséder normalement du tannin et, d'autre part, que l'adsorption du tannin peut ne pas être limitée aux substances protéiques. La première objection est facile à éliminer en s'assurant que les tissus étudiés ne présentent pas de trace de tannin préalablement à l'emploi de réactif de Turchini. La seconde est plus difficile à écarter; mais une sérieuse présomption de la présence des matières protéiques a pu être réalisée sur des coupes préalablement traitées par des dissolvants de ces matières, hypochlorite de sodium, potasse. Dans ces conditions, les membranes continuent à présenter les réactions des substances pectiques et cellulosiques, mais il n'y à plus adsorption du tannin.

Un argument particulièrement intéressant en faveur de la présence des matières protéiques dans la lamelle moyenne résulte de l'étude du décollement des membranes par dissolution des substances pectiques, en particulier dans les méats. En effet, à mesure que se produit la dissolution de la pectose, on voit apparaître sur son emplacement une substance qui devient de plus en plus granuleuse, puis se résorbe progressivement du centre à la périphérie. Cette substance présente le même aspect et les mêmes réactions que le cytoplasme, notamment la coloration par les réactifs iodés.

L'ensemble de ces observations permet d'envisager l'existence de matières protéiques dans la lamelle moyenne. Elles seraient intimement unies à la pectose et seraient libérées lors de sa dissolution.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Oxydations et réductions déterminées par* Acetobacter xylinum. Note de M[lle] **Marguerite Cozic**, présentée par M. Molliard.

Acetobacter xylinum catalyse deux catégories de réactions :

1° Des réactions d'oxydation aux dépens de l'oxygène libre

(1) $$RCH^2OH + O^2 = RCO^2H + H^2O,$$

(2) $$RCHOHR' + O = RCOR' + H^2O.$$

La réaction (1) s'applique aux cas des alcools éthylique et propylique; la réaction (2) s'applique à certains polyalcools : glycérine, érythrite, mannite, sorbite, perséite, volémite (G. Bertrand), α-glucoheptite (G. Bertrand et Nitzberg), β-glucoheptite.

2° Des réactions d'oxydo-réduction à l'abri de l'oxygène, aux dépens d'un colorant; en solution aqueuse, la bactérie réduit lentement beaucoup de colorants, en présence d'un alcool ou d'un polyalcool; la liqueur devient réductrice à froid sur la liqueur de Fehling; elle précipite la dinitrophénylhydrazine, il est donc possible d'écrire les équations

(3) $$R.CH^2OH + col = R.CHO + col.H^2,$$

(4) $$R.CHOH.R' + col = R.CO.R' + col.H^2.$$

La réaction (3) s'applique aux corps qui réagissent selon (1), la réaction (4) s'applique aux corps qui réagissent selon (2). Il faut de plus que le colorant ait un potentiel d'oxydo-réduction supérieur à — 150 millivolts à pH 7, correspondant à un rH^2 de 8 environ. Le disulfonate d'indigo et le bleu de Nil sont complètement réduits, le violet de crésyle l'est un peu, la phénosafranine ne l'est pas du tout. Ce potentiel d'oxydo-réduction correspond à une énergie libre de 11^{cal} environ par molécule. Or, si l'on recherche dans les tables de thermochimie la différence entre les chaleurs de combustion des systèmes : glycérine et dioxyacétone + hydrogène, ou bien alcool éthylique et aldéhyde éthylique + hydrogène, on trouve respectivement 15 et 12^{cal}. Il y a donc une concordance d'ordre de grandeur entre les prévisions déduites des tables de thermochimie (qui ne nous renseignent d'ailleurs point sur l'énergie libre des réactions) et les données fournies par l'étude du potentiel d'oxydo-réduction du système en anaérobiose.

Les vitesses d'oxydation (1) et (2) sont cinquante fois plus grandes que les vitesses d'oxydo-réduction (3) et (4).

Voici quelques chiffres : l'oxygène consommé, mesuré d'après la méthode de Warburg à 25°, est exprimé en millimètres cubes pour 25^{mg} de zooglée sèche par heure; le colorant réduit, mesuré d'après la méthode des tubes de Thunberg, est exprimé également en millimètres cubes pour 25^{mg} de zooglée sèche par heure, une molécule de colorant correspondant à $2{,}24.10^7$ mm^3.

Le pH dans tous les cas est égal à 7.

Corps étudiés.	O^2 consommé.	Thionine réduite en anaérobiose.
Glycérine	40	0,7
Érythrite	21	0,4
Mannite	25	0,4
Alcool éthylique	29	0,6
Alcool propylique	19	0,6
Milieu minéral	10	0,2

L'indépendance des deux phénomènes apparaît dans les faits suivants :

1° KCN à la concentration N/100 augmente de 5 à 10 fois la vitesse de consommation de O^2 inverse de l'effet habituel de ce corps. Il ne modifie pas sensiblement la vitesse de réduction.

2° Les zooglées longuement lavées dans un courant d'eau perdent plus des trois quarts de leur intensité respiratoire; elles réduisent toujours avec la même vitesse.

3° Les esters de l'acide bromacétique tuent les zooglées; la croissance est empêchée à la concentration N/10000, la respiration à N/1000, la réduction seulement à N/100.

Malgré l'indépendance de ces deux phénomènes, la bactérie peut vivre et croître en anaérobiose, aux dépens des réactions (3) et (4). On obtient en effet, en tubes scellés ayant été vidés d'air à la pompe à vide, contenant 15$^{cm^3}$ d'une solution à 200^{mg} par litre de colorant en 10 jours, des zooglées de 1$^{cm^2}$ de superficie. La croissance peut donc se produire aux dépens de réactions productrices d'énergie très diverses, aérobies ou anaérobies. Ce fait est l'inverse de la croissance des levures avec inhibition de la fermentation alcoolique ([1]) ou de la vie des tissus animaux avec inhibition de la fermentation lactique ([2]).

([1]) B. Cayrol et L. Genevois, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1494.

([2]) J. Brisou, *C. R. Soc. Biol.*, 112, 1933, p. 1392.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur les glucosides digitaliques initiaux.*
Note de MM. **A. Stoll** et **W. Kreis**, présentée par M. Delépine.

Beaucoup d'auteurs admettent encore aujourd'hui que la digitaline cristallisée (digitoxine des auteurs allemands) isolée à l'état pur du *Digitalis purpurea*, ainsi que la *gitoxine* et la *gitaline*, préexistent sous cette forme dans la plante.

Perrot et ses élèves, avec Goris, ont insisté depuis des années déjà sur les modifications que produisent, après la mort du végétal, les actions diastasiques hydrolysantes et oxydantes internes; ils ont montré que ces actions pouvaient être évitées, en traitant la plante fraîche par des vapeurs d'alcool sous pression modérée.

En ce qui concerne la *Digitale*, Perrot, Bourcet et Raymond-Hamet n'ont pu obtenir de digitaline cristallisée de la drogue ainsi stabilisée et en ont conclu que l'apparition de ce glucoside devait être due à une modification d'ordre fermentaire.

Pour la préparation du *scillarène* A, Kreis a élaboré un procédé d'extraction, éliminant l'action des enzymes, qui, appliqué aux digitales, a permis d'isoler du *Digitalis purpurea* non pas la digitaline cristallisée mais un nouveau glucoside, plus riche en sucre et encore plus actif sur le cœur, que nous désignons sous le nom de *purpurea-glucoside* A, composé de *digitoxigénine*, de *digitoxose* et de *glucose*, soit 1^{mol} de glucose de plus que la digitaline cristallisée

$$\underset{\text{Purpurea-glucoside A.}}{C^{47}H^{74}O^{18}} + 4H^2O = \underset{\text{Digitoxigénine.}}{C^{23}H^{34}O^4} + \underset{\text{Digitoxose.}}{3C^6H^{12}O^4} + \underset{\text{Glucose.}}{C^6H^{12}O^6}$$

Sous l'action de la poudre de feuilles de *D. purpurea*, le purpurea-glucoside A se transforme en digitaline cristallisée par perte de 1^{mol} de glucose, ce qui démontre la présence dans ces feuilles d'une enzyme, la *digipurpidase* et du même coup la préexistence de ce glucoside, à l'état intact dans la feuille fraîche.

Ces dernières années, une nouvelle espèce de Digitale (*D. lanata*) s'est imposée à l'intérêt des chimistes et des pharmacologistes, car elle est beaucoup plus riche en glucosides actifs que le *D. purpurea*.

Smith, Mannich, ainsi que Perrot et ses collaborateurs ont isolé de cette plante des glucosides purifiés, tels que la *digoxine*, les *lanata-glucosides* 1-4 (lanadigine) et la *dilanine* qui, d'une façon générale en ce qui concerne leurs sucres, semblent correspondre aux glucosides connus du *D. purpurea :* digitoxine, gitoxine et gitaline.

En appliquant notre méthode d'extraction au *D. lanata*, nous avons pu obtenir une partie importante du contenu total des glucosides de la drogue sous une forme homogène cristallisée et à en séparer les trois constituants nouveaux, les *lanata-glucosides* A, B, C, cristallographiquement isomorphes entre eux et avec leur mélange naturel.

Ils renferment les quatre mêmes molécules de sucre, soit : trois molécules de digitoxose et une molécule de glucose. Les aglycones sont par contre différents et déjà connus, ce sont : la *digitoxigénine pour la lanataglucoside* A, *la gitoxigénine pour le lanataglucoside* B et la *digoxigénine pour le lanataglucoside* C.

Tous trois possèdent, dans leur état initial, une caractéristique chimique commune qui les différencie nettement des glucosides décrits du *D. purpurea* : la présence d'un groupe acétyle; le désacétyllanataglucoside A a pu être identifié avec le *purpurea glucoside* A dans toutes ses propriétés essentielles.

Les équations de dissociation, ci-dessous, des trois glucosides A, B, C, du *D. lanata*, donnent un aperçu de l'homologie de leurs constitutions quant aux sucres et au radical acyclique et démontrent qu'ils ne diffèrent que par leurs aglycones :

$$\underset{\text{Lanataglucoside A.}}{C^{49}H^{76}O^{19}(H^2O) + 5(4)H^2O} = \underset{\text{Digitoxigénine.}}{C^{23}H^{34}O^4} + \underset{\text{Digitoxose.}}{3C^6H^{12}O^4} + \underset{\text{Glucose.}}{C^6H^{12}O^6} + \underset{\text{Acide acétique.}}{C^2H^4O^2}$$

$$\underset{\text{Lanataglucoside B.}}{C^{49}H^{76}O^{20} + 5H^2O} = \underset{\text{Gitoxigénine.}}{C^{23}H^{34}O^5} + \underset{\text{Digitoxose.}}{3C^6H^{12}O^4} + \underset{\text{Glucose.}}{C^6H^{12}O^6} + \underset{\text{Acide acétique.}}{C^2H^4O^2}$$

$$\underset{\text{Lanataglucoside C.}}{bC^{49}H^{76}O^{20} + 5H^2O} = \underset{\text{Digoxigénine.}}{C^{23}H^{34}O^5} + \underset{\text{Digitoxose.}}{3C^6H^{12}O^4} + \underset{\text{Glucose.}}{C^6H^{12}O^6} + \underset{\text{Acide acétique.}}{C^2H^4O^2}$$

Si l'on soumet ces trois glucosides A, B, C dans des conditions appropriées à l'action de la poudre des feuilles dont ils ont été extraits, leur molécule de glucose est libérée par une enzyme que nous nommons *digilanidase;* par leur teneur en sucres, ces glucosides, déglucosés, correspondent à ceux déjà connus mais avec un radical acétylique en plus, soit : une acétyldigitoxine, une acétylgitoxine et une acétyldigoxine.

Il en résulte que la digitaline cristallisée, la gitoxine et la digoxine sont des produits de clivage par une enzyme comme aussi très vraisemblablement, étant donnée leur teneur plus faible en sucre, les autres glucosides signalés dans la *D. lanata* (lanadigine de Mannich, dilanine de Perrot).

L'emploi successif de l'hydrolyse chimique ménagée et de l'hydrolyse diastasique permet de faire dériver tous les glucosides digitaliques connus des digitaliques initiaux du *D. lanata* : le lanataglucoside A est transformé en digitaline cristallisée ou digitoxine, le lanataglucoside B en gitoxine et le troisième, lanataglucoside C, en digoxine.

Les rapports entre ces nouveaux glucosides et ceux décrits dans les recherches précédentes sur la Digitale semblent donc définitivement éclaircis.

Les principes actifs essentiels du *D. lanata* se trouvent donc représentés dans le complexe initial renfermant ces trois lanataglucosides sous une forme cristallisée, stable et exactement dosable. Celui-ci constituerait donc une sorte de « totum digitalique » cristallisé, si M. Perrot juge approprié d'employer pour ce complexe l'expression qu'il a créé. Il renferme, en effet, les trois types d'aglucone isolés jusqu'ici des Digitales auxquels la combinaison à quatre molécules de sucre et au radical acétylique confère une étroite parenté, accentuée par l'isomorphisme de leur cristallisation et qui permet de prévoir un parallélisme synergique dans leur action pharmacodynamique.

PARASITOLOGIE. — *Sur une larve de Chironomide (Diptère) parasite d'un Mollusque.* Note (¹) de M. **P. Mathias** et Mlle **L. Boulle**, présentée par M. L. Joubin.

Dans les *Limnæa limosa* L. recueillies dans le réservoir de la Paillade, près de Grabels (Hérault), nous avons trouvé une larve de Diptère Chironomide. Au début du mois de mars, environ 20 pour 100 des Limnées se montrèrent contaminées.

En avril, nous n'avons pu nous procurer des Mollusques dans cet endroit par suite de l'élévation du niveau de l'eau, mais au début de mai, nous avons retrouvé cette larve parasite dans les *Limnæa limosa* L. d'une mare située à 1^km de Saint-Gély-du-Fesc (Hérault). Là, 35 à 75 pour 100 des limnées renfermaient le parasite.

La larve, qui est située à la face dorsale du tortillon du Mollusque, entre le foie et la membrane conjonctive qui le recouvre, est, à maturité, de couleur verte mais présente une teinte rougeâtre suivant l'axe dorsal et les côtés

---

(¹) Séance du 29 mai 1933.

du corps. Ce dernier est formé d'une tête suivie de douze segments. Le premier segment porte le pseudopode antérieur pourvu de fins crochets, tandis que le dernier présente une paire de pseudopodes postérieurs munis de deux rangées circulaires de forts crochets. Il y a quatre papilles anales et sur la face dorsale du dernier segment se trouvent deux petites papilles surmontées chacune d'un bouquet de très longues soies. Sur les côtés du corps on remarque de deux à trois paires de soies rigides par segment. Les antennes sont formées de quatre articles. Les mâchoires ont quatre dents et le labium porte quinze dents fortement colorées en brun, la médiane étant nettement plus large que les autres. Mais ce qui caractérise cette larve et l'éloigne de toutes les larves de Chironomides signalées en Europe jusqu'à ce jour, c'est la présence de trois paires de taches oculaires très distinctes, la tache médiane étant de beaucoup la plus petite. A notre connaissance, les larves de Chironomides actuellement décrites ne possèdent qu'une ou au plus deux paires de taches oculaires. Cette larve se nourrit du foie du mollusque, comme nous avons pu le constater, et sort à l'extérieur lorsqu'elle a atteint une taille de 10 à 12^{mm}; elle est alors très active. Les limnées qui ont donné naissance à une telle larve ne tardent pas en général à mourir, surtout si elles sont de petite taille. Nous n'avons jamais rencontré qu'une seule larve parasite dans chaque mollusque.

Dès sa sortie dans l'eau, elle se met aussitôt à tisser un tube de soie de 20^{mm} de long, qu'elle fixe, soit sur les parois, soit de préférence, dans la rainure du fond des récipients et dans lequel elle va se transformer en nymphe. Cette transformation peut être très rapide. Elle demande de 1 jour à 24°, à 4 jours à 18°. La nymphe qui est verte, quitte le tube et sans prendre de nourriture se meut avec agilité, surtout à la surface du liquide. Elle mesure environ $6^{mm},5$ de long. Elle présente de chaque côté du prothorax une houppe branchiale formée par des filaments blancs très ramifiés. Les soies natatoires du dernier segment abdominal sont toutes d'égale longueur. La nymphe donne très rapidement naissance à un adulte de 4 à 5^{mm} de long qui est, dans les deux sexes, entièrement vert clair et qui nous semble devoir être une forme nouvelle. Au bout de quelques jours de vie libre, les femelles donnent des pontes qui sont fixées, sous l'eau, au fond des récipients aux herbes aquatiques, en forme de rubans gélatineux formant 8 à 9 tours de spire. Elles renferment environ 400 œufs allongés de $0^{mm},11$ de long sur $0^{mm},035$ de large, sur une seule rangée; nous n'avons pu encore en obtenir l'évolution.

A cinq reprises, nous avons récolté dans la mare de Saint-Gély-du-Fesc,

soit libre dans l'eau, soit sur les limnées, une larve de Chironomide qui nous semble être un stade jeune de la larve qui vit en parasite dans *Limnæa limosa* L. Cette larve, qui a environ 4^{mm} de long, est de couleur rouge clair et présente les trois paires de taches oculaires caractéristiques de la larve signalée ci-dessus. Elle ne diffère extérieurement de celle-ci que par la présence d'une paire de filaments branchiaux situés à la face ventrale de l'avant-dernier segment du corps. Il est vraisemblable qu'elle doit subir une mue et perdre ces appendices branchiaux lors de la pénétration dans les limnées, mais nous n'avons pas encore réussi à obtenir expérimentalement cette pénétration. En 1925, Codreanu (1) a signalé un polymorphisme chez les larves des *Trissocladius* parasites.

Quelques cas de commensalisme et de parasitisme ont été signalés chez les larves de Chironomides par divers auteurs. Les larves de *Symbiocladins* sont des parasites externes de nymphes d'Ephéméroptères [Claassen (2), Zavrel (3), Codreanu (4)] ou de larves d'Ephémères [Dorier (5)]. Les larves de *Camptocladius ephemeræ* sont commensales de nymphes d'Ephémères (Zavrel). Les larves d'*Orthocladius commensalis* sont commensales des larves de Diptères du groupe des *Blepharoceridæ* [Tonnoir (6)]. Récemment Hoffmann (7) a signalé l'association de mollusques aquatiques et de larves de Chironomides. Nous avons nous-même constaté, dans le déversoir du réservoir de la Paillade que certaines larves de Chironomides faisaient leur tube dans le repli collumellaire de la coquille des limnées.

Le cycle du Chironomide dont nous avons trouvé la larve, peut se résumer ainsi : l'œuf donne naissance à une larve qui, après quelques temps de vie libre, pénètre dans une *Limnæa limosa* L. où elle va se loger à la surface du foie. A maturité elle sort à l'extérieur, tisse un tube de soie et se transforme en une nymphe mobile qui donne naissance à un Chironomide vert. Le cas que nous signalons ci-dessus est, croyons-nous, le premier de larve Chironomide parasite d'un Mollusque.

---

(1) *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 1461-1464.
(2) *Kansas Univ. Sc. Bull.*, **14**, n° 16, 1922.
(3) *Acta Soc. Sc. Nat. Moraviæ*, **3**, 1924, p. 251-282.
(4) *C. R. Sc. Biologie*, 1925, p. 731-732, et 1927, p. 1433-1436.
(5) *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 809-811.
(6) *Ann. Biol. lacustre*, **11**, 1922, p. 279-291.
(7) *Bull. Brooklyn Ent. Soc.*, **26**, 1931, p. 71-74.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur l'électrophorèse des* Brucella. Note (1) de MM. **Lisbonne** et **Seigneurin**, présentée par M. E. Roux.

A la suite des recherches sur l'électrophorèse des microbes nous avons été conduits à rechercher si des mesures de mobilité pourraient permettre de différencier les espèces du genre *Brucella*.

Rappelons que la mobilité de microbes en suspension dans un milieu donné est la vitesse exprimée en μ seconde qu'ils prennent sous l'action du courant, dans un champ électrostatique de 1 volt par centimètre.

Le déplacement peut être apprécié dans des expériences macroscopiques ou microscopiques. Nous ne ferons état que de ces dernières dont les résultats sont plus faciles à apprécier.

La cellule microscopique, dont les détails de construction ne peuvent trouver place ici, permet de mesurer, sur un micromètre oculaire, les déplacements des éléments microbiens en suspension à différentes hauteurs de la préparation. (Profondeur de la cellule : 350^{μ}; distance des électrodes : 31^{mm}; champ électrique : 13 volts par centimètre.)

La suspension bactérienne est obtenue en délayant une culture de 48 à 72 heures sur gélose peptonée de *Brucella* dans de l'eau bidistillée, et en lavant longuement à quatre reprises dans cette eau pure le culot microbien isolé par centrifugation énergique.

La suspension utilisée contient 4 milliards de germes par centimètre cube ($pH = 6,7$-$6,8$).

Nos recherches ont porté sur les deux principales espèces du genre *Brucella*, *Brucella melitensis*, *Brucella abortus bovis*. Ces germes identifiés par leur origine animale et les réactions de Huddleson tout à fait concordantes, ont été isolés par nous de l'homme, la vache, la chèvre, la brebis.

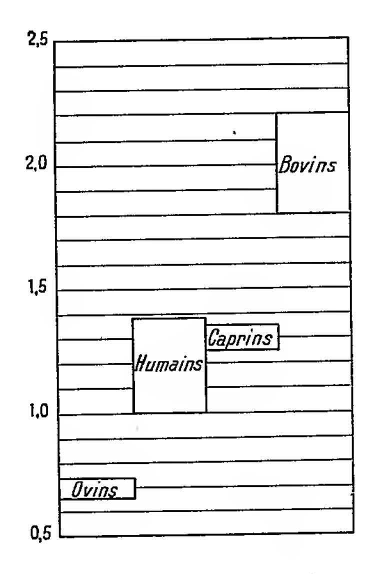
Ne pouvant publier à cette place le tableau où sont inscrites les vitesses moyennes (2) propres à ces germes et leur mobilité rapportée à un champ de 1 volt par centimètre, nous avons condensé nos résultats sous forme d'un graphique où se lit nettement le comportement des 17 souches étudiées.

(1) Séance du 22 mai 1933.

(2) Moyenne des vitesses observées d'une part au centre de la préparation (vitesse maxima) et d'autre part à 1/5e de profondeur où, d'après Smoluchovsky, le déplacement propre de l'eau devient nul.

On voit se dessiner nettement, d'après leur mobilité, trois groupes de *Brucella* : le groupe ovin, de faible mobilité; le groupe humain et caprin, de mobilité moyenne; le groupe bovin, plus rapide.

Chose curieuse et inattendue, tandis que les méthodes de Huddleson, basées sur certaines propriétés biochimiques des *Brucella*, permettent de classer ces germes, quelle que soit leur origine animale, en espèces bacté-



Mobilité en μ volt-seconde.

riennes distinctes (*Brucella melitensis; Brucella abortus*), l'électrophorèse les différencie, non plus d'après leurs caractères intrinsèques, mais suivant l'espèce animale dont ils proviennent. Ainsi les germes isolés de la vache (qu'ils soient *Br. melit.* ou *Br. abort.*) se distinguent par une mobilité double environ de ceux isolés de l'homme (*Melit.* ou *abort.*).

Il faut noter, ce qui est peut-être plus qu'une coïncidence, le comportement à peu près identique des germes d'origine humaine et d'origine caprine.

Quel rapport peut-il exister entre la mobilité électrophorétique des *Brucella* (et par conséquent leur charge électrique) et leur virulence? Question que nous nous proposons d'étudier, d'autant plus que, d'après les travaux de Falk concernant les bacilles diphtériques, il y aurait une relation évidente entre la mobilité de ces bacilles et leur aptitude pathogène.

MICROBIOLOGIE. — *Observations sur la fixation des colorants par les corps microbiens en fonction du* pH. Note [1] de M. **Ph. Lasseur**, Mlles **A. Dupaix** et **L. Georges**, présentée par M. Hyacinthe Vincent.

Dans cette Note, nous désirons résumer les recherches que nous effectuons depuis plusieurs années sur la fixation des colorants par *B. caryocyaneus*, *B. pyocyaneus*, *B. chlororaphis*, *B. mesentericus niger*, *B. subtilis* et *Endomyces albicans*.

Les corps microbiens provenant de jeunes cultures sont débarrassés de toute trace de milieu nutritif par une série de lavages à l'eau distillée.

L'agitation avec des billes de verre et la centrifugation fractionnée permettent d'obtenir une suspension homogène qui est amenée, par dilution, à une concentration de 300 milliards de germes environ au centimètre cube. Les expériences sont effectuées d'après le schéma suivant :

Désignation des tubes.	Suspension microbienne.	Solutions.		Eau distillée.
		Tampon.	Colorante [2].	
A................	6^{cm^3}	$5^{cm^3},4$	$3^{cm^3},6$	0
B............ ...	6^{cm^3}	0	$3^{cm^3},6$	$5^{cm^3},4$

Les solutions colorantes [3] utilisées sont soumises aux essais de : transport électrique, diffusion dans la gélose, passage au travers des membranes de collodion, ascension capillaire, et cela en solution aqueuse et en présence de solutions tampons de Mc Ilvaine. Notons immédiatement que la conductibilité des solutions tampons croît de pH = 2,2 à pH = 8.

Nos essais ont porté sur les substances suivantes : Safranine, Bleu de Nil (sulfate), Bleu Victoria, Bleu de méthylène, Rouge neutre, Benzopurpurine, Bordeaux B, Bleu pur diamine, Rouge Congo, Fuchsine acide, Nigrosine et Bleu d'aniline.

Le photocolorimètre de Toussaint et le tensiomètre de Lecomte du Noüy ont permis de déterminer respectivement la quantité de colorant fixée et la tension superficielle des systèmes. La conductibilité a été déterminée à l'aide d'un pont de Wheatstone combiné avec un hétérodyne comme

---

(1) Séance du 29 mai 1933.

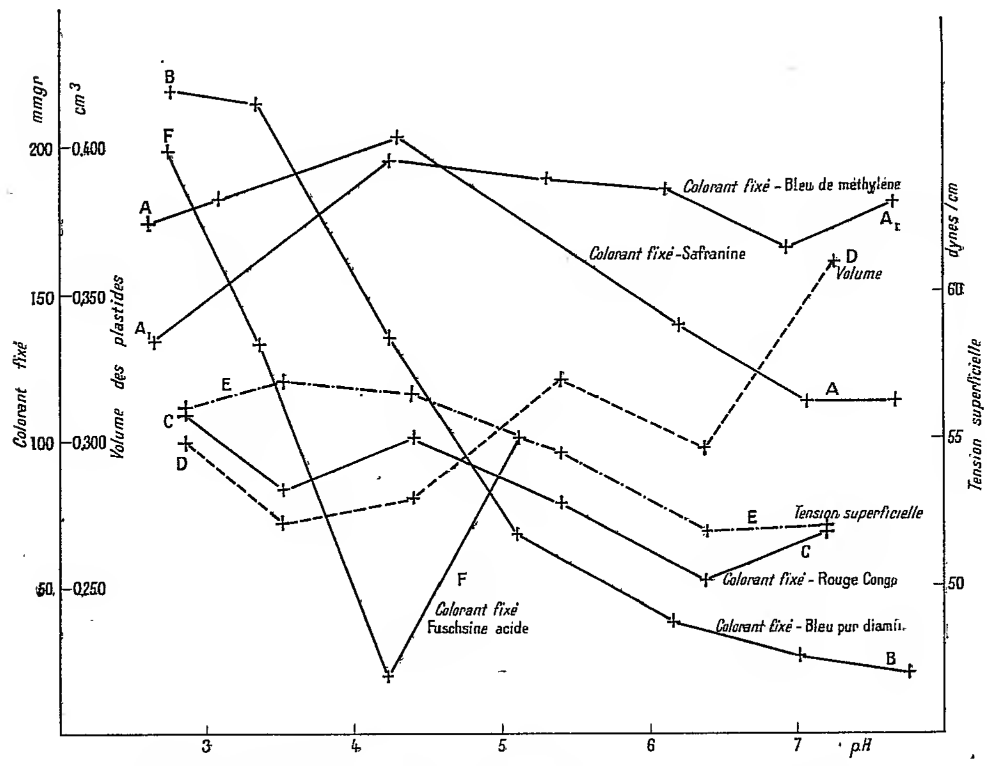
(2) La concentration de la solution colorante a varié de $0^g,600$ à 2^g pour 100.

(3) Certaines solutions ont été préalablement électrodialysées (méthode de Bechhold).

source alternative, un amplificateur à résistance et un voltmètre thermoionique.

Les facteurs d'action qui régissent la fixation des colorants par les corps microbiens relèvent de la plastide, du corps coloré, du liquide dispersif et de la température du système.

En ce qui concerne la nature du colorant, nous constatons que les



Fixation de différents colorants par *B. caryocyaneus* en fonction du pH.

La marche de la fixation des colorants est représentée par les courbes : A, safranine; A_1, bleu de méthylène; B, bleu pur diamine; C, Rouge Congo; F, fuchsine acide. Les courbes D et E représentent respectivement les variations de volume des plastides et de tension superficielle des systèmes additionnés de Rouge Congo.

courbes de fixation peuvent se ramener aux quatre types représentés par les courbes A, B, C, F de la figure.

En suspension dans l'eau distillée, les plastides bactériennes ou les cellules de Champignons sont chargées négativement. On observe un renversement du signe de la charge des plastides vers pH = 3.

Si l'hypothèse de la charge électrique rend assez bien compte de la

fixation de certains colorants électronégatifs (Bleu pur diamine, Bordeaux B, Bleu d'aniline) elle ne suffit pas à expliquer les faits observés avec d'autres colorants électronégatifs (Rouge Congo, Nigrosine, Fuchsine acide, ni avec les colorants électropositifs. En faisant intervenir et la charge électrique et la notion de surface active on trouve une explication satisfaisante de la fixation de la Nigrosine, du Rouge Congo, du Bleu de méthylène et de la Safranine par certaines Bactéries. Pour d'autres Bactéries et d'autres colorants, nous devons faire appel à la tension superficielle. Ainsi dans la fixation du Rouge neutre par *B. caryocyaneus* nous observons des faits qui cadrent assez bien avec la loi de Gibbs. Dans tous les autres cas, les variations de tension superficielle ne sont en harmonie qu'avec une partie des courbes de fixation.

Tous ces essais ont été effectués à la température de 20° C. On obtient des résultats tout à fait différents si les Bactéries ont été préalablement soumises à des températures de — 13° C. + 50° C. et + 100° C.

Certains colorants sont réduits (Thionine, Bleu de Nil, Bleu de crésyle et Bleu de méthylène) par les corps bactériens rigoureusement débarrassés de toute trace de milieu nutritif. Cette réduction ne s'observe que pour une zone de pH déterminée, variable d'ailleurs avec le colorant et le germe expérimentés.

Avec le Violet de gentiane, le Rouge neutre, le Bleu de méthylène, la Safranine, le Bleu de Nil et le Bleu de toluidine on peut, chez certaines Bactéries (*B. caryocyaneus*), mettre en évidence des grains chromatiques pour des zones de pH nettement délimitées.

La séance est levée à 15h35m.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

Ouvrages reçus pendant les séances du mois de mai 1933.

Nouvelles Tables logarithmiques à 36 décimales, par F.-J. Duarte. Paris Gauthier-Villars, 1933; 1 vol. 26cm.

Sur les solutions irrationnelles et complexes de l'équation $x^n + y^n = z^n$ *avec une table de solution de l'équation* $x^3 + y^3 + z^3 = 0$ *dans des corps quadratiques*, par F.-J. Duarte. Genève, Imprimerie Kundig, 1933; 1 fasc. 26cm.

Physique moléculaire. Matière et énergie, par Victor Henri. Paris, Hermann et Cie, 1933; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. J. Perrin.)

Histoire de la biologie végétale en France, par Raoul Combes. Paris, Librairie Félix Alcan, 1933; 1 vol. 19cm. (Présenté par M. M. Molliard.)

Le Botaniste, série XXIV, fasc. I-VI. Paris, Direction *Le Botaniste*, 1932; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Dangeard.)

Les Sciences en France depuis 1870, par Maurice d'Ocagne, avec la collaboration de Henry Volkringer et Marcel Roubault. Extrait de l'*Histoire de la Troisième République*. Paris, Librairie de France, 1933; 1 vol. 33cm.

L'alimentation indigène dans les colonies françaises, sous la direction de MM. G. Hardy et Ch. Richet fils. Paris, Vigot frères, 1933; 1 vol. 25cm,5. (Présenté par M. Ch. Richet.)

Machines agricoles, par Tony Ballu. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1933; 1 vol. 23cm,5. (Présenté par M. Lecornu.)

Traité d'Algologie par Pierre Dangeard. In *Encyclopédie biologique*, Vol. XI. Paris, Paul Lechevalier et fils, 1933; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Ph. Dangeard.)

Éléments de thermodynamique cinétique, par J. Villey. In *Mémorial des Sciences physiques*, fasc. XXIII. Paris, Gauthier-Villars, 1933; 1 fasc. 25cm.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 JUIN 1933.

PRÉSIDENCE DE M. Léon LECORNU.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie que la prochaine séance publique annuelle aura lieu le 11 décembre.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la loi du déplacement de l'équilibre chimique.* Note de M. **Henry Le Chatelier**.

Dans une Note antérieure (¹), j'ai montré que la loi du déplacement de l'équilibre chimique ne comporte aucune exception connue, à condition de définir convenablement le facteur relatif à la masse des corps en réaction, de prendre leur concentration, c'est-à-dire le nombre de molécules contenues dans une molécule de mélange total.

Cet accord avec l'expérience est une confirmation purement empirique de la loi, par suite sujette à caution. Il est, en effet, souvent arrivé en mécanique chimique que de prétendues lois, vérifiées par un nombre énorme de faits, ont été finalement contredites par quelques résultats contraires et ont dû être remaniées. Cela a été le cas du principe des tensions fixes de dissociation de H. Sainte-Claire Deville, et de celui d'accroissement de la dissociation avec la température; du principe du travail maximum de Berthelot et même du principe de l'équilibre mobile des températures de Van't Hoff, mis en défaut par la solubilité croissante du chlorure de cuivre.

(¹) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1557.

Il est donc intéressant d'appuyer la loi du déplacement de l'équilibre chimique sur des bases certaines et de ne pas se contenter d'un simple accord général avec l'expérience. Cela a été fait depuis longtemps pour les trois facteurs : Température, Pression et Force électromotrice ([1]). Je voudrais montrer aujourd'hui que la même démonstration peut être étendue au facteur concentration, ce qui n'a pas encore été réalisé à ma connaissance ([2]).

Soit la réaction équilibrée entre quatre corps gazeux

$$\alpha A + \beta B = \gamma C + \delta D,$$

où A, B, C, D sont les poids moléculaires et α, β, γ, δ les nombres des molécules; soit $\Lambda = \alpha + \beta - \gamma - \delta$ le changement de volume accompagnant la réaction quand elle se produit de gauche à droite.

Je considère un système en équilibre, renfermant dans une molécule de mélange a, b, c, d molécules de chacun des corps en réaction et X molécules de gaz inertes, n'intervenant pas dans la réaction.

Ce système est maintenu à température et pression constante, par contact, sans intervention de résistances passives, avec un milieu indéfini pouvant absorber de la chaleur sans que sa température varie et changer de volume sans que sa pression varie.

Pour établir la loi du déplacement de l'équilibre, il suffit d'écrire que tout déplacement semblable effectué par voie réversible à partir d'un état d'équilibre stable entraîne une consommation de travail à l'extérieur. Comme mécanisme réversible, on peut employer la paroi semi-perméable de Van't Hoff ou tout autre dispositif équivalent, par exemple isoler un corps du mélange après l'avoir solidifié par refroidissement. Dans tous les cas, le résultat sera nécessairement le même, mais les calculs sont beaucoup plus simples avec la paroi semi-perméable.

On fera les opérations suivantes :

Première opération. — On prend une certaine quantité du gaz A dans un réservoir auxiliaire où il possède une pression quelconque p_0. Soit dm la masse ainsi prise exprimée en nombre de molécules. On la comprime pour

---

([1]) H. Le Chatelier, *Recherches sur les équilibres chimiques* (*Ann. des Mines*, 13, 1888, p. 372).

([2]) Depuis la rédaction de la présente Note, M. Étienne, professeur à l'École des Mines, m'a dit qu'il traitait depuis quelques années cette question dans son cours et comptait en faire prochainement l'objet d'une publication scientifique.

amener sa pression à être égale à la pression partielle p du même gaz dans le système en équilibre. On la fait pénétrer à travers la paroi semi-perméable dans ledit mélange; il se produit alors, pour le rétablissement de l'équilibre, une réaction qui libère ou absorbe une quantité $d\mu$ du même corps A. On continue l'introduction de masses successives dm jusqu'à ce que la quantité m ainsi introduite atteigne une certaine valeur Dm. En même temps la quantité correspondante μ provenant de la réaction atteindra la valeur $\Delta\mu$.

Deuxième opération. — On retire alors par le procédé inverse la même quantité Dm du corps A introduite précédemment, mais cette fois sans laisser la réaction chimique s'accomplir. On revient ainsi par voie réversible à un système écarté de son état d'équilibre. Il suffit d'évaluer les quantités de travail empruntées à l'extérieur du système pour la compression, puis la détente de la masse totale de gaz Dm.

Dans les opérations 1 et 2, compression et détente du gaz, on met en jeu pour une masse dm un travail égal à

$$-\, dm.\mathrm{RT}\,\mathrm{Log}\,\frac{p_1}{p_0} \quad \text{et} \quad +\, dm.\mathrm{RT}\,\mathrm{Log}\,\frac{p_2}{p_0},$$

soit au total

$$dm.\mathrm{RT}.\mathrm{Log}\,\frac{p_2}{p_1} = dm.\mathrm{RT}\left(\frac{p_2}{p_1} - 1\right).$$

en s'en tenant au premier terme du développement en série du logarithme.

Les pressions partielles p_1 et p_2, d'après leur définition même, sont exprimées en fonction des concentrations c_1 et c_2 et de la pression totale P par les formules

$$p_1 = (1+\varepsilon)c_1\mathrm{P} \quad \text{et} \quad p_2 = (1+\varepsilon)c_2\mathrm{P},$$

où le terme correctif ε est nul pour les gaz parfaits et très faible pour les gaz et vapeurs réelles, de telle sorte qu'il peut être considéré comme exactement le même pour deux mélanges 1 et 2 de compositions infiniment voisines. On a donc rigoureusement la relation

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{c_2}{c_1}.$$

Exprimons maintenant c_1 et c_2 en fonction de la composition des mélanges gazeux 1 et 2 :

$$c_2 = \frac{a + m + \Delta\mu}{1 + m - \frac{\Lambda}{\alpha}\Delta\mu}, \qquad c_1 = \frac{a + m + \mu}{1 + m - \frac{\Lambda}{\alpha}\mu}.$$

On trouve ainsi, tous calculs faits, après suppression des infiniment petits du second ordre, la valeur suivante du rapport c_2/c_1 :

$$\frac{c_2}{c_1} = 1 + \left(\frac{1}{a} + \frac{\Lambda}{\alpha}\right)(\Delta\mu - \mu).$$

Exprimant μ en fonction de m, il vient finalement pour le travail total

$$\mathrm{RT}\int\left(\frac{c_2}{c_1} - 1\right) dm = \mathrm{RT}\int\left(\frac{1}{a} + \frac{\Lambda}{\alpha}\right)\left(\Delta\mu - m\frac{\Delta\mu}{\mathrm{D}m}\right) dm,$$

ce qui donne, tous calculs faits, l'expression très simple

$$\text{travail extérieur} = \frac{\mathrm{RT}}{2}\left(\frac{1}{a} + \frac{\Lambda}{\alpha}\right)\mathrm{D}m\,\Delta\mu.$$

Ce travail doit être négatif, mais le coefficient $(1/a + \Lambda/\alpha)$ peut changer de signe suivant les valeurs des trois grandeurs a, Λ et α. Il n'y a donc aucune conséquence générale à tirer de cette relation. Exprimons les variations de masse en fonction des variations de concentration. On a, comme nous l'avons indiqué précédemment [1],

$$\mathrm{D}m = \frac{\mathrm{D}c}{1-a} \quad \text{et} \quad \Delta\mu = \frac{\Delta c}{a\left(\frac{1}{a} + \frac{\Lambda}{\alpha}\right)}.$$

Substituons dans l'expression ci-dessus :

$$\text{travail extérieur} = \frac{\mathrm{RT}}{2}\,\frac{\mathrm{D}c\,\Delta c}{a(1-a)} < 0.$$

C'est-à-dire que la variation de concentration Δc de A résultant de la réaction chimique est bien de signe contraire à la variation de concentration du même corps : $\mathrm{D}c$, produite tout d'abord par l'introduction dans le système de nouvelles quantités de ce corps. En effet, par définition même a et $(1-a)$ sont toujours positifs.

La loi du déplacement de l'équilibre chimique est donc rigoureusement établie en ce qui concerne le facteur concentration, comme cela était fait depuis longtemps pour les trois autres facteurs : Température, pression et force électromotrice.

Cette démonstration ne vise que les systèmes formés de gaz et de vapeurs, mais il est facile de l'étendre aux systèmes liquides en remarquant

---

(1) *Loc. cit.*

la proportionnalité des variations relatives de concentrations entre un mélange gazeux et un mélange liquide en équilibre.

On a pour chaque corps la relation

$$\frac{dc}{c} = i\frac{dC}{C};$$

i étant un coefficient qui varie lentement avec la concentration et la température, mais qui peut être considéré comme invariable dans les changements infiniment petits, seul envisagés ici. La loi du déplacement de l'équilibre est donc également rigoureuse pour les systèmes liquides.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les propriétés antioxygènes de certains alcaloïdes.* Note de MM. **Charles Achard**, **Augustin Boutaric** et **Jean Bouchard**.

L'un de nous a signalé antérieurement [1] que les alcaloïdes se comportaient comme le font les antioxygènes vis-à-vis de la réduction du bleu de méthylène par le tissu hépatique et par le lait. Comme les antioxygènes, ces substances diminuent la vitesse de la décoloration produite sur le bleu de méthylène dans des conditions bien déterminées par le tissu hépatique et par le lait.

Francis Perrin [2] et Privault [3] ayant constaté que les substances antioxygènes ont la propriété de diminuer le pouvoir fluorescent que présentent en solution les substances fluorescentes les plus diverses, il nous a paru intéressant d'examiner à cet égard un certain nombre d'alcaloïdes. Comme substance fluorescente nous avons utilisé l'uranine ou fluorescéinate de sodium prise en solution aqueuse ou en solution alcoolique sous une concentration correspondant à 1^g par litre de fluorescéine acide.

Au moyen du fluoromètre de Francis Perrin, nous avons comparé l'intensité de la lumière de fluorescence émise par une cuve contenant la solution précédente d'uranine à celle qu'émet la même cuve après qu'on a ajouté à la solution d'uranine des quantités variables de divers alcaloïdes. Le pouvoir fluorescent de l'uranine diminuant dès que la solution sur laquelle on le mesure présente une réaction acide, nous n'avons pu utiliser

(1) A. Boutaric et T. Jacquinot, *Bul. Acad. Médecine*, 107, n° 28, 1932, p. 1054.
(2) Francis Perrin, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1121
(3) M. Privault, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1120.

pour les comparaisons précédentes que les alcaloïdes n'abaissant pas de façon appréciable le coefficient pH de la solution d'uranine. Nous avons été ainsi conduits à éliminer de nos essais : le chlorhydrate d'émétine, le sulfate de spartéine, le chlorhydrate de pilocarpine, qui, à la dose de 1 pour 1000, font passer le coefficient pH de la solution d'uranine de la valeur 7,4 à une valeur inférieure à 6,6.

Le Tableau I donne, pour les alcaloïdes dont nous avons pu disposer, la valeur du pouvoir fluorescent de la solution d'uranine additionnée de ces alcaloïdes sous des concentrations de 0,5, 1, 2 et pour certains 5 et même 10g par litre, le pouvoir fluorescent en l'absence d'alcaloïde étant à peu près égal à l'unité (¹).

TABLEAU I. — *Solutions aqueuses.*

Alcaloïdes.	Pouvoir fluorescent. 0g,5 p. l.	1g p. l.	2g p. l.	5g p. l.	10g p. l.
Azotate de pilocarpine	0,79	0,66	0,53	–	–
Sulfate de quinine	0,83	0,71	–	–	–
Sulfate d'atropine	0,85	0,74	0,60	–	–
Chlorhydrate de morphine	0,85	0,77	0,64	0,44	0,35
Chlorhydrate d'éthylmorphine (dionine)	0,85	0,77	0,66	0,47	0,37
Chlorhydrate de cocaïne	0,87	0,78	–	–	–
Sulfate de strychnine	0,89	0,82	0,72	–	–
Azotate d'aconitine	0,89	0,83	0,74	–	–
Caféine	0,91	0,87	0,77	0,68	–
Chlorhydrate d'acétylmorphine (héroïne)	0,93	0,89	0,81	0,71	0,63
Bromhydrate d'homatropine	0,93	0,89	0,83	–	–
Théobromine	0,93	–	–	–	–

Le Tableau II représente les résultats d'expériences analogues faites sur des solutions alcooliques d'uranine, ce qui nous a permis d'étudier l'action des alcaloïdes pris, non sous forme de sels comme dans le Tableau I, mais à l'état de bases libres, c'est-à-dire dans des conditions où ils sont généralement insolubles dans l'eau.

(¹) Un alcaloïde est d'autant plus actif, du point de vue qui nous occupe, que, pris sous une concentration déterminée, il fournit une valeur plus faible du pouvoir fluorescent.

TABLEAU II. — *Solutions alcooliques.*

	Pouvoir fluorescent.		
Alcaloïdes.	0g,5 p. l.	1g p. l.	2g p. l.
Belladone	0,82	0,68	0,47
Colchicine	0,89	0,81	0,72
Digitaline	0,91	0,85	»
Nicotine	0,91	0,85	0,79
Vératrine	0,93	0,89	»
Codéine	0,94	0,91	0,85

En résumé, tous les alcaloïdes que nous avons étudiés diminuent nettement le pouvoir fluorescent de l'uranine, que celle-ci soit prise en solution alcoolique ou en solution aqueuse.

Ainsi, qu'il s'agisse de l'action exercée sur la décoloration du bleu de méthylène par les tissus animaux ou par le lait, ou de l'action exercée sur le pouvoir fluorescent des solutions fluorescentes et notamment de l'uranine, les alcaloïdes que nous avons essayés se comportent comme des antioxygènes.

Dès leurs premières recherches sur les antioxygènes, Charles Moureu et Charles Dufraisse ont signalé (¹) que la plupart des antithermiques sont des antioxygènes et « sans doute le sont-ils, écrivaient-ils, parce qu'ils atténuent l'intensité des oxydations dans l'économie ». Et ils ajoutaient : « n'y aurait-il pas là la clé de l'action physiologique des antithermiques en général ». D'une manière analogue, on peut se demander si la propriété antioxygène que nous avons reconnue sur la plupart des alcaloïdes par deux de ses manifestations les plus générales, ne prend pas quelque part à l'action, d'ailleurs diverse et complexe, qu'ils exercent dans l'économie.

M. J.-B. Charcot fait hommage à l'Académie de son *Rapport préliminaire sur la campagne du « Pourquoi-Pas? » en 1932.*

NOMINATIONS.

La Section de Chimie est désignée pour représenter l'Académie à la célébration du deuxième centenaire de la naissance de Joseph Priestley, Associé étranger de l'Académie, organisée par la *Société Chimique de France*, le 15 juin 1933.

(¹) Ch. Moureu et Ch. Dufraisse, *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 258.

MÉMOIRES LUS.

PALÉONTOLOGIE. — *Des principes qui ont présidé à l'évolution biomécanique des Mammifères.* Note [1] de M. **Henry Fairfield Osborn.**

Grande est ma satisfaction en présentant à l'Académie, dans le pays qui fut le berceau de la Paléontologie, le principe d'évolution inductive qui a guidé mes travaux. Il est le résultat de 45 années d'observations poursuivies sur les restes de Mammifères fossiles conservés dans les collections du Musée américain d'Histoire naturelle. Ces Mammifères, au nombre de 5 en 1891 à la suite des découvertes de Leidy dans les Montagnes Rocheuses et de ses descriptions, s'élèvent actuellement à plus de 31 000, du Mésozoïque au Pléistocène, venant de tous les continents du monde. On y trouve des représentants de tous les ordres de Mammifères existants et éteints; on y compte 625 formes de Titanothères, et 850 formes de Proboscidiens.

Ils ont été récoltés pour la plupart par moi en des pays divers, et ont été l'objet de descriptions détaillées : ils m'ont permis de dresser les tableaux phylogéniques [2] que je présente à l'Académie, où ces êtres sont figurés, reconstitués et rapprochés en séries continues. Ils montrent le développement de nos connaissances depuis Cuvier, Lamark, Darwin. Au temps de Darwin on ne connaissait que deux genres de Proboscidiens, nous en connaissons 45 genres et 300 espèces; ces découvertes autorisent des généralisations impossibles à nos devanciers.

Elles m'ont amené au principe de l'*aristogenèse*, principe essentiellement biomécanique, basé directement sur le développement du mécanisme des membres, du crâne, des défenses et des dents. Ce principe n'est pas déductif, spéculatif ni philosophique, et nous ignorons encore s'il est applicable à l'évolution biochimique ou biophysique.

Les caractères sur lesquels il est fondé sont de deux sortes. Les premiers (*aristogènes*) sont des adaptations directes du *généplasme*, sans anticipation dans le somoplasme, par habitude, usage ou manque d'usage; leur évolution est lente, séculaire : tels sont les cônes dentaires, les rudiments de cornes.

---

(1) Séance du 22 mai 1933.

(2) Ces tableaux vont paraître incessamment dans une autre publication.

Les seconds (*allométrons*) correspondent à des changements des proportions déterminés par l'influence de l'habitude sur le somoplasme, et non prédéterminés dans le généplasme, tels la brachycéphalie et la dolichocéphalie, brachydactylie et dolichodactylie, ils sont relativement rapides dans leur évolution.

Une illustration concrète des caractères *aristogènes* est fournie dans notre Tableau III montrant les transformations des molaires du Mastodon de Cuvier, au cours de la période de 20 000 ans qui s'étend de l'Oligocène au Miocène. Ce phylum, désigné de nos jours sous le nom de Trilophodon, a pu être suivi de l'Eurasie, au nord de l'Afrique, à l'Amérique du Nord où il s'est montré le plus complet et le plus remarquable connu jusqu'à ce jour. Il montre l'illustration la plus convaincante du principe biomécanique de l'aristogenèse, dans l'émergence lente et graduelle, sous la forme d'une élévation à peine discernable, de l'émail de la molaire. Elle s'élève graduellement en un cône pour fonctionner finalement dans la mastication, et s'étendre en surfaces irrégulières, plissées d'émail dur et résistant.

Notre Tableau III montre l'existence de sept aristogènes dans la molaire ancestrale du *Maeritherium* du Fayum, sept dans celle du *Palæomastodon*, dix dans celle du *Phiomaia Osborni* du Fayum, espèce ancestrale du *Mastodon angustidens* type de Simorre. Ces Mastodontes primitifs ont émigré d'Afrique vers le sud de la France, où l'on trouve le *Trilophodon pontilevensis* du Calcaire de Montabuzard, si étroitement uni aux *Trilophodon Cooperi* du Miocène du Bélouchistan. On la mit ensuite dans la série des Siwalik dans *Trilophodon palæindicus* à 20 aristogènes, *Trilophodon chinjiensis* (25 aristogènes), *Trilophodon macrognathus* (37 aristogènes).

Dans cette série à évolution lente, le généplasme ajoute à la molaire une aristogène par million d'années ; il en est à évolution plus rapide, comme celle de l'*Elephantoïde Stegodon*.

A l'inverse de ce que nous révèlent les caractères aristogènes, nos Tableaux IV-VIII ont pour but de mettre en évidence que les changements dans les proportions ou dimensions dentaires et craniennes, distinguées par nous sous le nom d'*allométrons*, évoluent très rapidement et indépendamment des autres. Nous les considérons comme dus à d'autres causes, mais leur importance pour l'adaptation n'est pas moins grande.

C'est sur les combinaisons et les apparitions de ces caractères *aristogènes* et *allométrons* que tous les paléontologistes se sont basés d'après Cuvier, jusqu'à Leidy, Cope, Marsh, Kowalevsky, Gaudry, Depéret, Boule, Scott, Osborn, pour définir les espèces et les genres des Mammifères fossiles.

Les espèces vivantes de nos Mammifères actuels sont caractérisées de semblable façon, les changements qui correspondent chez eux à ce que nous appelons leur développement ou leur dégénération sont de même essentiellement allométriques.

CONSIDÉRATIONS THÉORIQUES. — Il me reste maintenant à indiquer brièvement les différences entre l'aristogenèse comme principe inductif bien établi et la déduction philosophique d'Aristote connue maintenant sous le nom d'*entéléchie* ou le plus récent *néo-vitalisme* de Driesch, ou la brillamment conçue et exprimée *évolution créatrice* de Bergson. C'est vraiment un étonnant résultat des 45 ans d'observations qui révèle que le principe de l'aristogenèse s'accorde plus étroitement avec les déductions d'Aristote (322 B. C.) qu'avec celles de Darwin (1859 A. D.). La déduction philosophique d'Aristote en ce qui concerne la biomécanique des dents a été exprimée clairement ainsi :

« Qu'est-ce qui s'oppose donc dans la Nature à ce que les parties fassent leur apparition, suivant une loi? Par exemple que les dents apparaissent nécessairement de telle façon que les antérieures soient incisives pour trancher la nourriture, et que les molaires soient plates et larges pour broyer les aliments? Ces différences sont-elles l'effet du hasard, ou l'aboutissant d'un but déterminé? Nous avons prouvé qu'elles ne pouvaient dépendre du hasard, il s'ensuit nécessairement qu'elles ont un but. La Nature agit donc et produit en vue d'un but » [1].

L'essence de la doctrine de Lamarck est que les adaptations nouvelles biomécaniques sont post-habituelles ou post-empiriques, tandis que nous observons universellement que les aristogènes sont préexpérimentaux ou proempiriques. Ainsi le principe de l'aristogenèse ne donne pas raison aux quatre principes clairement énoncés par Lamarck (1815-1822) et résumés ainsi :

« Mais de grands changements dans les circonstances amènent pour les animaux de grands changements dans leurs besoins, et de pareils changements dans les besoins en amènent nécessairement dans les actions. Or, si les nouveaux besoins deviennent constants ou très durables, les animaux prennent alors de nouvelles *habitudes*.... Or, si de nouvelles circonstances, devenues permanentes pour une race d'animaux, ont donné à ces animaux de nouvelles *habitudes*..., il en sera résulté l'emploi de telle

---

(1) OSBORN, HENRY FAIRFIELD, *From the Greeks to Darwin*, seconde édition, p. 85 et 86, New-York and London, 1929.

partie... et, dans certains cas, le défaut total d'emploi de telle partie qui est devenue inutile ([1]) ».

Quand nous disons que les aristogènes s'élèvent spontanément du géné-plasme devant l'expérience, comment ce fait ressemble ou diffère-t-il du « néovitalisme » de Roux-Driesch (1914) ou de « l'évolution créatrice » de Bergson (1911)? Cela est une question compliquée.

Il diffère dans au moins quatre faits très fondamentaux : 1° les aristogènes ne suivent pas certaines lignes prescrites ou prédestinées; 2° ils ne sont pas tout à fait spontanés et autochtones; 3° les aristogènes sont au contraire excessivement divergents; 4° ils s'élèvent du généplasme comme réactions adaptives, comme conditions séculaires, biotiques et de longue durée, et d'habitudes séculaires correspondantes; 5° théoriquement ils représentent la qualité potentielle du généplasme plutôt qu'une entéléchie.

Dans la radiation adaptive très variée des Proboscidiens, on observe que les aristogènes et les allométrons correspondent par des réactions adaptives biomécaniques à la plus grande variété de nourriture et de terrain, depuis l'humide jusqu'à l'aride, depuis le boisé au déboisé, des bulbes et herbages mous aux herbes dures et siliceuses, des marécages jusqu'aux plateaux déserts, de l'équateur aux régions arctiques — bref, à toutes les variétés concevables d'environnement depuis les habitudes complètement aquatiques de *Mœritherium* jusqu'à l'habitude de la tundra du Mammouth.

Le contraste principal entre le principe inductif de l'aristogenèse et le principe déductif de Driesch (néovitalisme), de Lloyd Morgan (émergence), de Smuts (holisme), de Bergson (évolution créatrice), est que ces derniers sont énoncés philosophiquement comme explications théoriques des causes d'adaptation, *tandis que l'aristogenèse ne prétend aucunement pénétrer le secret de causation. L'aristogenèse est, simplement, une expression de phénomènes observés actuellement; elle laisse ces phénomènes entièrement sans même l'atome d'une explication ou d'une hypothèse, encore moins d'une théorie.*

([1]) *Idem*, p. 240-241, quoting from Lamarck's (*Philosophie Zoologique*, 1, p. 223-224).

PLIS CACHETÉS.

M. **Pierre Rosenthal** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 8 décembre 1919 et enregistré sous le n° 8715.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée *Cure de régénérescence par la sérothérapie interhumaine*.

(Renvoi à la Section de Médecine et Chirurgie.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Le Cadastre et l'Impôt foncier*, par Th. Dreux. (Présenté par M. Charles Lallemand.)

2° *Copépodes pélagiques*, par Maurice Rose, fascicule 26 de la *Faune de France*.

3° *Sir* Prafulla Chandra Ray *seventieth Birth day Commemoration volume published by the Indian Chemical Society*.

4° *Les variations périodiques des glaciers des Alpes suisses*, 53° rapport annuel par Paul-Louis Mercanton.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions méromorphes dans le cercle-unité*. Note de M. **K. L. Hiong**, présentée par M. Goursat.

1. M. G. Valiron a défini les ordres des fonctions holomorphes d'ordre infini pour $|z|<1$ au moyen des fonctions-types ([1]); en étendant la théorie de ma dernière Note ([2]), je peux donner d'une façon analogue une définition de l'ordre des fonctions méromorphes d'ordre infini dans le

([1]) G. Valiron, *Comptes rendus*, **172**, 1921, p. 741.

([2]) King-Lai Hiong, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 239.

cercle-unité. Soit $f(z)$ une telle fonction; j'appellerai *ordre* de $f(z)$ toute fonction non-décroissante $\rho(1/1-r)$ telle que si petit que soit ε, on ait

$$T(r) < \left(\frac{1}{1-r}\right)^{\rho\left(\frac{1}{1-r}\right)(1+\varepsilon)}, \quad r_0(\varepsilon) < r < 1; \qquad T(r) > \left(\frac{1}{1-r}\right)^{\rho\left(\frac{1}{1-r}\right)(1-\varepsilon)}, \quad r = r_n\left(\begin{matrix} n = 1, 2, \ldots \\ r_n \to 1 \end{matrix}\right)$$

$U(X) = X^{\rho(X)}$ vérifiant la condition de la croissance normale de M. Borel

$$U(X') < U(X)^{1+\varepsilon} \quad \text{avec} \quad X' = X\left[1 + \frac{1}{\log U(X)}\right].$$

Le théorème relatif à la densité des zéros de $f(z) - \alpha$ qui a été établi dans la Note citée s'étend ici aisément.

2. La décomposition en facteurs primaires d'une fonction $f(z)$ méromorphe pour $|z| < 1$ a été étudiée par MM. F. et R. Nevanlinna dans le cas où le genre $p = 0$, je vais traiter ici tous les autres cas.

Supposons d'abord l'ordre ρ fini; on a par définition $p - 1 < \rho < p$ pour ρ non entier et $p = \rho$ ou $\rho - 1$ dans le cas contraire. Si $p \geqq 2$, on peut former, en désignant par $a_\nu = r_\nu e^{i\varphi_\nu}$ le $\nu^{\text{ième}}$ zéro ou pôle le produit de M. Picard ([1])

$$P(z) = \prod_{\nu=1}^{\infty} \frac{z - a_\nu}{z - e^{i\varphi_\nu}} e^{\Phi_\nu(z)}, \qquad \Phi_\nu(z) = \frac{a_\nu - e^{i\varphi_\nu}}{z - e^{i\varphi_\nu}} + \ldots + \frac{1}{p}\left(\frac{a_\nu - e^{i\varphi_\nu}}{z - e^{i\varphi_\nu}}\right)^p,$$

et, en majorant $m(r, P)$ au lieu de $\log M(r, P)$ avec une approximation assez grande, on parvient à une inégalité qui donne

$$(\alpha) \qquad T(r, P) < \left(\frac{1}{1-r}\right)^{\rho+\varepsilon} \quad \text{pour } r_0(\varepsilon) < r < 1.$$

Mais, si $p = 1$, il ne sera plus possible de trouver ce résultat avec le produit de Picard; je forme dans ce cas le produit suivant que j'appelle produit de Nevanlinna

$$P(z) = \prod_{\nu=1}^{\infty} \frac{a_\nu - z}{e^{i\varphi_\nu} - r_\nu z} e^{\frac{(1-r_\nu)(z+e^{i\varphi_\nu})}{e^{i\varphi_\nu} - r_\nu z}}.$$

Un calcul un peu différent du précédent conduit encore à l'inégalité (α). (On peut aussi former le produit de Nevanlinna pour $p \geqq 2$.)

Le théorème de Jensen donne une inégalité de sens contraire et l'on peut conclure que l'*ordre du produit* $P(z)$ *ainsi formé est égal à* ρ *pour un* α *non exceptionnel.*

([1]) E. Picard, *Comptes rendus*, 92, 1881, p. 690.

Je démontre ensuite la proposition suivante qui généralise le théorème fondamental de M. Hadamard relatif aux fonctions entières :

Une fonction $F(z)$ *méromorphe pour* $|z|<1$ *d'ordre* ρ *peut se mettre sous la forme*

$$F(z)=z^s e^{G(z)}\frac{\Pi D_p(z, a_\mu)}{\Pi D_q(z, b_\nu)}=z^s e^{G(z)}\frac{P(z)}{Q(z)},$$

où a_μ *et* b_ν *sont respectivement le* $\mu^{\text{ième}}$ *zéro et le* $\nu^{\text{ième}}$ *pôle de* $F(z)$, $G(z)$ *est une fonction holomorphe pour* $|z|<1$ *et* $\Pi D_n(z, c_\lambda)$ *désigne un produit de Nevanlinna quand* $n=1$ *et un produit de Picard (ou de Nevanlinna) lorsque* $n\geqq 2$. *Si* ρ_1, ρ_2 *et* ρ_3 *sont les ordres de* $e^{G(z)}$, $P(z)$ *et* $Q(z)$, *on a*

$$\rho_1\leqq\rho, \qquad \rho_2\leqq\rho \qquad \text{et} \qquad \rho_3\leqq\rho,$$

et ρ *ne dépasse pas le plus grand des trois nombres* ρ_1, ρ_2 *et* ρ_3.

3. Pour le cas de l'ordre infini, il suffit de former le produit de Picard

$$P(z)=\prod_{\nu=1}^{\infty}\frac{z-a_\nu}{z-e^{i\varphi_\nu}}e^{\Phi_\nu(z,p_\nu)}, \qquad \Phi_\nu(z, p_\nu)=\frac{a_\nu-e^{i\varphi_\nu}}{z-e^{i\varphi_\nu}}+\ldots+\frac{1}{p_\nu}\left(\frac{a_\nu-e^{i\varphi_\nu}}{z-e^{i\varphi_\nu}}\right)^{p_\nu}.$$

En majorant convenablement $\log M(r, P)$ cette fois-ci, on peut déterminer p_ν par la méthode de M. Denjoy et, moyennant sa limitation, on obtient

$$\log M(r, P)\leqq\left(\frac{1}{1-r}\right)^{\rho\left(\frac{1}{1-r}\right)[1+\varepsilon(r)]}, \qquad \lim_{r=1}\varepsilon(r)=0.$$

On arrive alors à établir que *pour un* α *non exceptionnel* $\rho(1/1-r)$ *est un ordre de* $P(z)$. On démontre ensuite un théorème analogue à celui du n° 2.

4. Les propriétés de $T(r)$ permettent de démontrer la proposition :

Étant donnée une fonction méromorphe pour $|z|<1$ *et d'ordre* ρ *fini ou infini, si on la met sous la forme du produit de deux facteurs* $\varphi(z)$ *et* $\psi(z)$ *méromorphes pour* $|z|<1$ *et que l'ordre* ρ_1 *de l'un des facteurs* $\varphi(z)$ *est au plus égal à* ρ, *il en est de même de l'ordre* ρ_2 *de* $\psi(z)$.

et quelques corollaires qui sont utiles pour la suite.

5. En utilisant les résultats des nos 3, 4 et une méthode de M. Valiron, je suis parvenu à la proposition simple :

Si $\rho(1/1-r)$ *est un ordre infini de la fonction* $f(z)$ *méromorphe pour* $|z|<1$, *il est également un ordre de la dérivée* $f'(z)$.

Dans le cas de l'ordre fini, j'ai trouvé un résultat un peu moins précis

6. En poursuivant l'étude importante de M. Valiron sur les points singuliers [1], j'obtiens dans le cas de l'ordre infini le théorème :

---

[1] G. VALIRON, *Bull. des Sc. math.*, 56, 1932, p. 10.

Soit $f(z)$ une fonction méromorphe pour $|z|<1$ et d'ordre infini, si $\rho(1/1-r)$ est un ordre de $f(z)$, il existe sur la circonférence-unité au moins un point z_0 tel que si petit que soit le nombre positif δ, en désignant par $r(n, f, \alpha)$ le module d'un zéro de $f(z)-\alpha$ appartenant au domaine défini par $|z|<r$ et $|z-z_0|<\delta$ et en faisant tendre r vers 1, la somme

$$\Sigma[1-r(n, f, \alpha)]^{\rho\left(\frac{1}{1-r}\right)(1+\varepsilon)}$$

converge pour tous les α, et la somme

$$\Sigma[1-r(n, f, \alpha)]^{\rho\left(\frac{1}{1-r}\right)(1-\varepsilon)}$$

diverge sauf deux α au plus.

On peut dire que z_0 est un point de Borel d'ordre $\rho(1/1-r)$ suivant la terminologie de M. Valiron.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Propriétés générales des correspondances multiformes.* Note [1] de M. **G. Bouligand**, présentée par M. Élie Cartan.

Les correspondances entre un point M d'un certain espace et une collection $\gamma(M)$ d'éléments d'une classe Γ ont été considérées par divers auteurs [2]. Sans souci de contribuer à leur théorie abstraite, j'ai été conduit, en étudiant contingents, paratingents, projetantes d'un point sur un ensemble, à reconnaître des propriétés générales de ces correspondances. Celle dont j'ai tiré les applications les plus nombreuses est la *semi-continuité supérieure d'inclusion* (ou $\overline{\text{S. C. I.}}$) [3]. *En supposant que* l'espace de M et la classe Γ soient des ensembles métriques compacts en eux-mêmes, j'ajouterai la propriété suivante :

Si l'élément M *décrit dans son espace un continu et de plus si la collection* $\gamma(M)$ *jouit de la* $\overline{\text{S. C. I.}}$ *et, dans la classe* Γ *est un continu* (pour chaque M), *la réunion de tous les* $\gamma(M)$ *est un continu de la classe* Γ.

Mon raisonnement, établissant déjà un cas particulier de ce théorème [4],

---

[1] Séance du 6 juin 1933.

[2] Fl. Vasilesco, *Thèse*, Paris, 1925, Chap. III; C. Kuratowsky, *Fund. Math.*, 18, 1932, p. 148.

[3] G. Bouligand, *Ens. Math.*, 30, 1931, p. 240; 31, 1932, p. 14-22.

[4] *Introduction à la Géométrie infinitésimale directe*, p. 45.

s'applique au cas général. En effet, grâce à la S. C. I., la réunion des $\gamma(M)$ est un ensemble fermé : si elle se décomposait en deux ensembles fermés disjoints chaque $\gamma(M)$ en tant que continu serait inclus dans l'un d'eux, et cela impliquerait une décomposition du lieu de M en deux ensembles fermés disjoints, laquelle est incompatible avec sa qualité de continu. Par exemple, la réunion des paratingentes d'un continu du plan euclidien est un continu de droites, et cela subsiste dans l'espace à trois dimensions, d'après un théorème de M. J. Mirguet ([1]).

Je laisse ici de côté une autre propriété importante, la S. C. I., rencontrée dans des applications, d'un côté par M. E. Blanc, de l'autre par M[lle] Charpentier ([2]), et je vais m'occuper de l'aptitude à la convergence : elle consiste en la possibilité d'attacher, à chaque suite de points M_i tendant vers un point M_0, une suite d'éléments de la classe Γ, dont le terme général prélevé sur $\gamma(M_i)$ converge vers un élément unique appartenant à $\gamma(M_0)$. Cette propriété n'est réalisée pour certains contingents, paratingents, que pour une structure particulière de l'ensemble générateur (elle n'a pas lieu pour le paratingent de deux droites concourantes). Supposons que l'espace M et la classe Γ soient des espaces métriques compacts en eux-mêmes, que $\gamma(M)$ soit fermé et soumis à la S. C. I. On a le théorème suivant :

Pour qu'au point M *soit réalisée l'aptitude à la convergence, il faut et il suffit que, pour tout couple* M', M'' *de points de* E *infiniment voisins de* M_0, *la distance dans* Γ *entre* $\gamma(M')$ *et* $\gamma(M'')$ *tende vers zéro.*

L'aptitude à la convergence permet parfois de substituer des suites aux ensembles dont on fait l'étude locale. Par exemple, pour former les divers contingents ou paratingents d'un ensemble ponctuel en un point d'accumulation M_0, on peut à cet ensemble substituer une suite (formée dans le cas du ptg ordinaire, en prenant une suite de ptg[tes] qui soit dense sur le ptg local, et attachant à chacune d'elles une suite de cordes inclinées sur elle d'un angle infiniment petit et d'extrémités infiniment voisines de M_0).

J'expose alors mon idée sur un exemple concret. M. G. Durand a établi ([3]) le résultat suivant : soit $\{M_i\}$ une suite de points ρ-distants d'un ensemble E, dont chacun admet une projection P_i de telle sorte que les M_i tendent vers une limite unique M, les P_i tendent eux-mêmes vers une limite

---

([1]) J. Mirguet, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 510.

([2]) Voir ici même les Notes subséquentes de ces auteurs.

([3]) *Thèse* (*Journal de Mathématiques*, 10, IV, 1931, p. 359).

unique P. Alors le paratingent en M de la suite des M_i est dans le plan perpendiculaire en M à MP.

Avec nos conventions, la suite considérée par M. G. Durand est telle que ses projetantes jouissent de l'aptitude à la convergence. Donnons-nous, dans l'espace euclidien à trois dimensions, un ensemble ponctuel formé E, et soit M un point ρ-distant sur lequel la correspondance $[\mathcal{C}]$ entre M et son faisceau de projetantes jouisse de l'aptitude à la convergence. Étant donnée la possibilité, sans altérer le paratingent en M, de remplacer l'ensemble E_ρ des points ρ-distants par une suite tendant vers M, on déduit immédiatement de la proposition de M. G. Durand qu'il y a planéité du paratingent de E_ρ en M.

D'après le théorème précédent, il faut et il suffit pour cela que la distance angulaire du système des projetantes de deux points ρ-distants tendant indépendamment vers M tende vers zéro.

Il serait d'ailleurs facile de passer de cet exemple particulier à un énoncé abstrait étendant à l'ensemble E en un point où règne l'aptitude à la convergence une propriété reconnue pour les suites.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la structure de certaines lois générales régissant des correspondances multiformes.* Note [1] de M. E. **Blanc**, présentée par M. Élie Cartan.

Dans une précédente Note [2], j'ai introduit une « semi-continuité inférieure d'inclusion » $(\underline{\text{S. C. I}})$ analogue à la semi-continuité supérieure d'inclusion $(\overline{\text{S. C. I.}})$ de M. G. Bouligand [3]. Cette $\underline{\text{S. C. I.}}$ s'introduisait comme une traduction géométrique généralisée des propriétés des formes indéterminées 0/0 étudiées par M. W. H. Young. Je donnais aussi un exemple d'un mode de continuité particulier produit par la coexistence des deux S. C. I. susmentionnées. La comparaison de ces notions avec des notions voisines, introduites par M. F. Vasilesco [4] d'une part, et par M. K. Kuratowski (*Fund. Math.*, 18, p. 148-159) d'autre part, m'a conduit à la systématisation qui va suivre. Je me bornerai à résumer mes résultats.

---

(1) Séance du 6 juin 1933.

(2) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 600-602.

(3) *Ens. math.*, 30, 1931, p. 240; 31, 1932, p. 14-22.

(4) *Thèse*, Paris, 1925, p. 12 et suiv.

Soit une correspondance multiforme $[M/\gamma(M)]$ entre des « points » M d'un espace métrique et compact $\mathcal{M}$ et des ensembles fermés $\gamma(M)$ d'éléments prélevés, quel que soit M, sur un espace $\mathcal{G}$ lui aussi métrique et compact. Je définis au point M les deux ensembles $\mathcal{A}(M)$ et $\mathcal{L}(M)$ formés d'éléments de $\mathcal{G}$.

Un élément a de $\mathcal{G}$ appartiendra à $\mathcal{A}(M)$, s'il existe une suite de points M_n ayant pour point limite unique dans $\mathcal{M}$ le point M, et tels que l'on puisse prélever sur $\gamma(M)$ un élément g_n, les g_n ayant a pour élément limite. Cet ensemble coïncide avec « l'accumulatif » de ma Note citée si M et $\gamma(M)$ sont définis comme dans cette Note.

Un élément l de $\mathcal{G}$ appartient à $\mathcal{L}(M)$ si, pour tout ε, on peut trouver η tel que la condition $D(M, M') < \eta$ entraîne l'existence dans $\gamma(M')$ d'un élément distant de l de moins de ε. [$D(M, M')$ représente la distance dans $\mathcal{M}$ de M à M'.]

On montre que $\mathcal{A}(M)$ contient $\mathcal{L}(M)$.

Les semi-continuités et continuités définies par les divers auteurs se ramènent alors, dans les champs d'hypothèses indiqués par ces auteurs, aux relations suivantes d'inclusion ou d'équivalence :

I. $\gamma(M) \supset \mathcal{A}(M)$: $\overline{\text{S. C. I.}}$ de M. Bouligand, semi-continuité supérieure de M. Kuratowski, fermeture horizontale de M. Vasilesco.

II. $\gamma(M) \subset \mathcal{L}(M)$: Fermeture extérieure de M. Vasilesco, semi-continuité inférieure de M. Kuratowski.

III. $\gamma(M) \subset \mathcal{A}(M)$: $\underline{\text{S. C. I.}}$ de ma Note citée. Elle est réalisée si celle de M. Kuratowski l'est, mais la réciproque n'est pas vraie ; en particulier, le contingent sur un arc simple sans sommet jouit de la présente semi-continuité, sans posséder celle de M. Kuratowski.

IV. $\gamma(M) \supset \mathcal{L}(M)$: Ce mode de semi-continuité n'a pas été considéré jusqu'ici ; il est entraîné par le mode I mais ne l'entraîne pas ; il est d'ailleurs banal dans le cas étendu où $\mathcal{L}(M)$ est vide. Il prend cependant une certaine importance lorsqu'il coexiste avec le mode II.

Étant donné les relations qui existent entre ces divers modes nous proposerons d'appeler : $\overline{\text{S. C. I.}}$ complète et $\overline{\text{S. C. I.}}$ restreinte respectivement les modes I et IV, $\underline{\text{S. C. I.}}$ complète et $\underline{\text{S. C. I.}}$ restreinte respectivement les modes II et III.

Si l'on met à part la coexistence des deux S. C. I. restreintes qui n'implique aucune relation d'égalité entre les ensembles considérés, la coexistence d'une $\underline{\text{S. C. I.}}$ et d'une $\overline{\text{S. C. I.}}$ pourra se réaliser de trois manières différentes et donner lieu aux trois modes de continuité suivants :

S. C. I. complète + $\overline{\text{S. C. I.}}$ complète : $\mathcal{A}(M) = \gamma(M) = \mathcal{L}(M)$. C'est la continuité de M. Vasilesco et de M. Kuratowski ; nous l'appellerons continuité totale.

S. C. I. restreinte + $\overline{\text{S. C. I.}}$ complète : $\gamma(M) = \mathcal{A}(M)$. C'est celle dont l'exemple donné dans ma précédente Note souligne l'importance; je l'appellerai continuité simple.

S. C. I. complète + $\overline{\text{S. C. I.}}$ restreinte : $\gamma(M) = \mathcal{L}(M)$. Ce mode de continuité sur lequel je me propose de revenir n'a pas été étudié jusqu'ici à ma connaissance.

On peut prévoir entre les trois ensembles $\mathcal{A}$, γ, $\mathcal{L}$ beaucoup d'autres combinaisons qui fourniront autant d'expressions d'autres lois générales régissant les correspondances $[M/\gamma(M)]$. Je signalerai en particulier la propriété introduite sous le nom d'aptitude à la convergence par M. G. Bouligand dans la Note qui précède celle-ci. L'aptitude à la convergence équivaut en effet à la condition suivante : $\mathcal{L}(M)$ existe et a au moins un point commun avec $\gamma(M)$. C'est donc l'inéquivalence

$$\gamma(M) \times \mathcal{L}(M) \neq 0$$

qui rendra compte de cette propriété.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la semi-continuité d'inclusion des trajectoires de la Dynamique*. Note [1] de Mlle **Marie Charpentier**, présentée par M. Élie Cartan.

Le but de cette Note est seulement de montrer que certaines notions peuvent se ramener à la notion de semi-continuité d'inclusion telle qu'elle a été définie par M. Bouligand [2] ; j'adopte ici ses notations ainsi que celles de M. Blanc.

J'ai déjà donné un tel exemple dans ma Thèse [3] en montrant que le faisceau des intégrales de l'équation différentielle

$$y' = f(x, y),$$

f étant une fonction continue sans plus de l'ensemble (x, y), jouit de la $\overline{\text{S. C. I.}}$ comme en jouit le faisceau des intégrales d'un système de plusieurs équations.

---

[1] Séance du 6 juin 1933.

[2] G. Bouligand, *Enseignement mathématique*, 1, 2, 3, 1932, p. 14.

[3] *Mathematica*, Cluj, 5, 1931, p. 65, et *Bulletin des Sciences mathématiques*, 56, juillet 1932, p. 212-218.

I. Soit maintenant une trajectoire [*curve of motion* [1]] définie par le système d'équations

$$\frac{dx_i}{dt} = X_i(x_1, \ldots, x_n) \qquad (i=1, \ldots, n).$$

les X_i sont continus par rapport à l'ensemble $(x_1, \ldots, x_n)$ et, de plus, soumis à des conditions suffisantes pour assurer en tout point P, qui n'est pas un point d'équilibre, l'unicité de la trajectoire issue de P.

Sur une telle trajectoire M, t prend toutes les valeurs réelles et les points limites de M pour t croissant sont appelés ses points limites ω, tandis que les points limites α de M sont ses points limites pour t décroissant.

Nous considérerons aussi les ensembles G obtenus en adjoignant à une trajectoire ses points limites α et ses points limites ω, un ensemble G est fermé, tandis qu'une trajectoire peut être un ensemble ouvert.

Les trajectoires jouissent de la $\overline{S.C.I.}$ au sens complet. En effet, l'ensemble d'accumulation ou mieux l'accumulatif [2] des trajectoires issues d'une suite de points P_i tendant vers P_0 contient la trajectoire passant par P_0, c'est-à-dire que l'ensemble limite des trajectoires des P_i contient la trajectoire de P_0.

On peut même ajouter que cet ensemble limite est l'ensemble G de P_0, puisque une suite de trajectoires issues de P_i situées sur la trajectoire de P_0 a pour ensemble limite exactement la trajectoire de P_0 augmentée de ses points limites.

Il en résulte que *les ensembles* G *jouissent aussi de la* $\underline{S.C.I.}$ *au sens complet.*

II. *Plaçons-nous maintenant dans le cas où les ensembles* G *jouissent de la continuité en* P_0, *c'est-à-dire que leur accumulatif en* P_0 *se réduit au* G *de* P_0.

En laissant de côté le cas de P_0 situé soit sur un mouvement périodique, soit sur un mouvement récurrent [auquel cas l'ensemble des points limites ω et l'ensemble des points limites α jouissent évidemment de la $\overline{S.C.I.}$, et la trajectoire jouit de la stabilité au sens qualitatif employé par M. Birkhoff [3]], nous avons le résultat suivant :

L'ensemble des points limites ω et l'ensemble des points limites α d'un ensemble G *variant continûment en* P_0, *et dont aucun point limite ω n'est confondu avec un point limite α, jouit de la* $\overline{S.C.I.}$

---

[1] G. D. BIRKHOFF, *Dynamical systems*, 1927, p. 189.

[2] G. BOULIGAND, *Ens. math.*, 30, 1931, p. 243-247.

[3] G. D. BIRKHOFF, *loc. cit.*, p. 220.

Soit Q_0 un point de $G(P_0)$ qui n'est ni point limite ω ni point limite α, comme les ensembles de ces points, soient Ω et A, sont fermés, Q_0 est, par exemple, à une distance d de l'ensemble $\Omega + A$, et d'autre part Ω est à une distance λ de A, par hypothèse.

Supposons qu'une suite de points ω de $G(P_i)$ tendent vers Q_0, soient σ, une molécule contenant Q_0 et K un de ces points ω des $G(P_i)$, soit $\varepsilon/2$ le diamètre de σ, on peut trouver une molécule contenant K de diamètre inférieur à $\varepsilon/2$ se recouvrant, c'est-à-dire qu'une molécule σ contenant Q_0 et de diamètre ε se recouvre toujours, quel que soit ε positif.

Par suite de la continuité des G_0 on peut choisir une molécule contenant Q_0 et restant dans le voisinage δ de $G(Q_0)$ quel que soit t.

Choisissons une molécule de diamètre η correspondant à un nombre δ : $\delta < (\max\lambda, d)/3$.

Soient L et M le premier et le dernier point d'intersection de G de Q_0 avec la sphère de centre Q_0 de rayon d.

Si l'on choisit δ assez petit, le voisinage δ de la partie de G extérieure au voisinage δ de l'arc LM n'est pas connexe, donc la molécule σ ne peut passer de la partie de trajectoire après M, à la partie avant L, elle ne peut donc se recouvrir quand le temps croît (ou décroît) contrairement à l'hypothèse ci-dessus.

Que ce n'est plus le cas lorsque les ensembles A et Ω ne sont pas disjoints on le voit facilement dans l'exemple suivant : considérons dans le plan une suite de mouvements périodiques tendant vers une trajectoire fermée qui contient un point d'équilibre, il y a bien continuité au sens géométrique, mais l'ensemble Ω qui pour un G_n est la trajectoire tout entière se réduit au point d'équilibre pour $G(P_0)$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Formules de récurrence pour les intégrales des fonctions adjointes des polynomes de Legendre*. Note de M. **A. Liénard**, présentée par M. E. Jouguet.

M. G. Prévost a publié récemment des tables numériques des fonctions sphériques et de leurs intégrales, calculées directement jusqu'au huitième ordre, d'après leurs expressions analytiques. Le procédé devient rapidement compliqué pour les ordres plus élevés. Pour faciliter le calcul de tables plus étendues, il faudrait posséder, pour les *intégrales* des fonctions adjointes $P_{n,j}$ des polynomes de Legendre, des formules de récurrence analogues à celles

que l'on connaît pour les fonctions sphériques elles-mêmes et pour les intégrales des polynomes de Legendre.

M. Prévost m'ayant signalé l'intérêt de la question, j'ai été assez heureux pour obtenir deux formules de récurrence qui me semblent nouvelles.

Je conserverai les notations de Neumann et Tallqvist employées par M. Prévost. $P_n(\mu)$ étant le polynome de Legendre de degré n, $P_{n,j}$ est défini par les relations

$$(1) \qquad P_{n,j} = \nu^j \frac{d^j P_n}{d\mu^j}, \qquad \nu = \sqrt{1-\mu^2}.$$

Si l'on pose $\mu = \cos\theta$, ν représente $\sin\theta$.

$P_{n,j}$ est une fonction paire ou impaire suivant que n et j sont ou ne sont pas de même parité.

Les formules de récurrence obtenues sont

$$(2) \quad (n+2)(n+1-j)\int P_{n+1,j}\,d\mu = (n-1)(n+j)\int P_{n-1,j}\,d\mu - (2n+1)\nu^2 P_{n,j},$$

$$(3) \quad (j-1)\int P_{n,j+1}\,d\mu = (j+1)(n+j)(n+1-j)\int P_{n,j-1}\,d\mu + 2j\nu P_{n,j},$$

Ces formules supposent les constantes arbitraires d'intégration déterminées par les conditions suivantes :

1° n et j de parité différente : $P_{n,j}$ est une fonction impaire de μ tandis que toutes les fonctions sous les signes $\int$ sont des fonctions paires. Les constantes seront telles que chaque intégrale s'annule pour $\mu = 0$ et soit une fonction impaire de μ.

2° n et j de même parité : les intégrales sont toutes des fonctions paires prenant même valeur pour $\mu = \pm 1$. Les constantes sont telles que la valeur de chaque intégrale soit nulle pour $\mu = \pm 1$.

Avec ces conventions, il est évident que les relations (2) et (3) sont satisfaites soit pour $\mu = 0$, soit pour $\mu = \pm 1$. Pour qu'elles soient satisfaites pour toutes valeurs de μ, il suffit de vérifier les formules (2′) et (3′) déduites des précédentes par dérivation :

$$(2') \quad (n+2)(n+1-j)P_{n+1,j} = (n-1)(n+j)P_{n-1,j} - (2n+1)\frac{d}{d\mu}(\nu^2 P_{n,j}),$$

$$(3') \qquad (j-1)P_{n,j+1} = (j+1)(n+j)(n+1-j)P_{n,j-1} + 2j\frac{d}{d\mu}(\nu P_{n,j}).$$

La vérification se fait facilement en effectuant la dérivation indiquée et

utilisant la relation (1) ainsi que les identités connues

$$\frac{d}{d\mu}\left(\nu^2\frac{dP_n}{d\mu}\right)+n(n+1)P_n=0,$$

$$(2n+1)\mu P_n=nP_{n-1}+(n+1)P_{n+1} \qquad (n\geqq 1)$$

et

$$(2n+1)P_n=-\frac{dP_{n-1}}{d\mu}+\frac{dP_{n+1}}{d\mu} \qquad (n\geqq 1),$$

identités que l'on dérivera $(j-1)$ ou j fois.

Bien que la démonstration donnée suppose $j\geqq 1$ (en raison des dérivations d'ordre $j-1$), le résultat se trouve exact, même pour $j=0$. On peut même donner un sens aux formules pour des valeurs négatives de j, tout au moins tant que $n+j\geqq 0$.

J'ai été guidé dans la recherche des formules (2) et (3) par les considérations suivantes. On sait que les intégrales des polynomes de Legendre sont données par la formule très simple

$$(2n+1)\int P_n\,d\mu=P_{n+1}-P_{n-1}.$$

Il n'est pas possible d'espérer trouver pour les intégrales des fonctions $P_{n,j}$ une expression analogue, linéaire par rapport à ces fonctions. Car les $P_{n,j}$ sont des polynomes en μ et ν tandis que, pour n et j impairs tous les deux, les intégrales des $P_{n,j}$ contiennent un terme en $\arccos\mu$, c'est-à-dire de la forme $k\theta$. On a donc, Q_1, Q_3, ... désignant des polynomes convenables,

$$\int P_{1,1}\,d\mu=k_1\theta+Q_1(\mu,\nu), \qquad \int P_{3,1}\,d\mu=k_3\theta+Q_3, \qquad \int P_{5,1}\,d\mu=k_5\theta+Q_5.$$

Pour faire disparaître des seconds membres les termes en θ, il suffit de former les combinaisons

$$(4) \qquad \int\left(P_{3,1}-\frac{k_3}{k_1}P_{1,1}\right)d\mu, \qquad \int\left(P_{5,1}-\frac{k_5}{k_3}P_{3,1}\right)d\mu, \qquad \ldots.$$

En effectuant les calculs, on trouve que les intégrales (4) sont, à un facteur numérique près, égales à $\nu^3\,dP_2/d\mu$, $\nu^3\,dP_4/d\mu$, ..., soit à $\nu^2P_{2,1}$, $\nu^2P_{4,1}$, ... La formule (2) ne fait que généraliser ce résultat pour n et j quelconques.

Des considérations analogues ont conduit à la formule (3).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les propriétés extrémales de certains polynomes trigonométriques.* Note de M. **Raphaël Salem**, présentée par M. Émile Borel.

1. Soit, x étant réel,

$$f(x, \alpha_1, \ldots, \alpha_n) = \sum_{p=1}^{n} r_p e^{pix+i\alpha_p}$$

un polynome en e^{ix}, où les r_p sont positifs et les α_p réels. Quand x varie, le module $|f|$ a un maximum absolu, fonction positive et continue des α_p, soit $\mathfrak{M}(\alpha_1, \ldots, \alpha_n)$. Quand les α_p varient, cette fonction a un minimum absolu M, qui est toujours au moins égal à $\sqrt{r_1^2 + \ldots + r_n^2}$, comme on le voit en intégrant $|f|^2\,dx$ entre o et 2π.

Nous allons indiquer une borne supérieure pour M. $|f|^2$ est un polynome trigonométrique des variables x et α_p. Minimons l'intégrale $\int_0^{2\pi} |f|^{2k}\,dx$ (k étant supérieur à 2), en écrivant que les dérivées secondes par rapport aux α_p sont positives ou nulles. En ajoutant les n inégalités obtenues, nous avons facilement

$$\int_0^{2\pi} |f|^{2k}\,dx \leqq (2k-1)\,\Sigma r_p^2 \int_0^{2\pi} |f|^{2k-2}\,dx,$$

et en appliquant à la seconde intégrale l'inégalité de Schwarz-Hölder

$$(1) \qquad \left[\int_0^{2\pi} |f|^{2k}\,dx\right]^{\frac{1}{k}} \leqq (2\pi)^{\frac{1}{k}}(2k-1)\,\Sigma r_p^2,$$

$|f|$ atteint son maximum absolu $\mathfrak{M}$ en un point au moins, x_0, et la valeur $\mathfrak{M}\lambda$ ($0 < \lambda < 1$) en deux points au moins a, b, le premier à gauche, le second à droite de x_0, entre lesquels $|f|$ dépasse $\mathfrak{M}\lambda$. On a

$$2(\mathfrak{M} - \mathfrak{M}\lambda) < \int_a^b |f'|\,dx < \sqrt{b-a}\sqrt{\int_a^b |f'|^2\,dx}.$$

On en déduit une limite inférieure pour $b - a$ qui permet d'écrire

$$(2) \qquad \int_0^{2\pi} |f|^{2k}\,dx > \mathfrak{M}^{2k}\frac{2}{\pi}\,\frac{\Sigma r_p^2}{\Sigma p^2 r_p^2}\,\lambda^{2k}(1-\lambda)^2.$$

En choisissant pour λ la valeur $k/k+1$, puis pour k la valeur $\log(\Sigma p^2 r_p^2/\Sigma r_p^2)$

[supposée supérieure à 2 (¹)], la comparaison des inégalités (1) et (2) donne aisément

$$M < C\sqrt{\log\left(\frac{\Sigma p^2 r_p^2}{\Sigma r_p^2}\right)}\sqrt{r_1^2+\ldots+r_n^2},$$

C étant une constante absolue inférieure à 11. On en déduit l'inégalité plus simple, mais moins précise,

$$M < C'\sqrt{\log n}\sqrt{r_1^2+\ldots+r_n^2} \qquad (C'<16).$$

2. Je ne sais pas s'il existe ou non une constante absolue D, indépendante des r_p et de n, telle que M soit toujours inférieur à $D\sqrt{r_1^2+\ldots+r_n^2}$ (²). Mais voici un autre résultat du même ordre. Soit

$$\varphi(x) = r_1\cos(x-\alpha_1)+\ldots+r_n\cos(nx-\alpha_n)$$

un polynome d'ordre n; si le maximum absolu $\mathfrak{M}$ de $|\varphi|$ est atteint en p points (distincts ou confondus), on a, A étant une constante absolue,

$$\mathfrak{M}^2 < A\frac{n}{p}(r_1^2+\ldots+r_n^2).$$

Considérons deux points consécutifs d'intersection de la courbe $y=|\varphi(x)|$ avec la droite $y=\mathfrak{M}\lambda$ $(0<\lambda<1)$: a, b, tels que, dans (a, b), $|\varphi|$ soit supérieur à $\mathfrak{M}\lambda$, et supposons que, dans (a, b), $\mathfrak{M}$ soit atteint en q points, distincts ou non. On voit qu'on peut trouver dans (a, b) un point ξ_1 où la dérivée $\varphi^{(2q-1)}$ s'annule, un point ξ_2 où $\varphi^{(2q-2)}$ s'annule, etc., un point ξ_{2q-1} où φ' s'annule, et un point x_0 où $|\varphi|$ atteint $\mathfrak{M}$, tels en outre que

$$\xi_1 \leqq \xi_2 \leqq \ldots \leqq \xi_{2q-1} \leqq x_0.$$

On a

$$\varphi^{(2q-1)}(x) - \varphi^{(2q-1)}(\xi_1) = (x-\xi_1)\varphi^{(2q)}(\zeta) \qquad (\xi_1<\zeta<x).$$

Mais $|\varphi^{(2q)}|$ ne dépasse jamais $n^{2q}\mathfrak{M}$ (³). Donc, pour $x>\xi_1$,

$$|\varphi^{(2q-1)}(x)| < (x-\xi_1)n^{2q}\mathfrak{M}.$$

(¹) Si le rapport $\Sigma p^2 r_p^2/\Sigma r_p^2$ est borné, on démontre facilement que M est inférieur à $B\sqrt{\Sigma r_p^2}$, B étant une constante absolue.

(²) Si tous les r_p sont égaux à 1, cette constante D existe, indépendante de n (cf. Hardy et Littlewood, *Acta mathematica*, 37, 1914, p. 193 et suiv.). Mais ce n'est là qu'un cas très particulier.

(³) Cf. La Vallée Poussin, *Leçons sur l'approximation des fonctions d'une variable réelle*, p. 39 (Paris, Gauthier-Villars, 1919).

Par des intégrations successives on limite supérieurement $|\varphi^{(2q-2)}(x)|$ à droite de ξ_2, etc., et $|\varphi'(x)|$ à droite de ξ_{2q-1}. On trouve finalement

$$\mathfrak{M} - \mathfrak{M}\lambda < \frac{(b-\xi_1)^{2q}}{(2q)!} n^{2q} \mathfrak{M}.$$

On en déduit facilement que $b - a$ dépasse $q/n\sqrt{1-\lambda}$, et par suite que la mesure de tout l'ensemble où $|\varphi|$ dépasse $\mathfrak{M}\lambda$ est supérieure à $p/n\sqrt{1-\lambda}$. Il suffit ensuite d'intégrer $\varphi^2\,dx$ entre o et 2π et de prendre $\lambda = 4/5$ pour trouver le résultat annoncé ($A < 12$).

On démontre de la même manière que, si $|\varphi|$ a p maxima (pas nécessairement absolus), distincts ou confondus, supérieurs ou égaux à $\mathfrak{M}\mu$ $(0 < \mu < 1)$, l'ensemble des points où $|\varphi|$ dépasse $M\lambda$ $(0 < \lambda < \mu)$ a une mesure supérieure à $p/n\sqrt{\mu - \lambda}$ et l'on en déduit une limite supérieure pour $\mathfrak{M}^2$.

HYDRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Comparaison de tubes dynamiques de Pitot.* Note de M. **Leroux**, présentée par M. Émile Jouguet.

Le tube dynamique de Pitot, ouvert face au courant d'eau dans lequel il est plongé, constitue un appareil remarquablement sûr et fidèle, qui, même avec des dimensions et des formes différentes, donnera toujours très exactement, c'est-à-dire à quelques dix-millièmes près, la pression totale (pression statique augmentée de la hauteur due à la vitesse ou pression dynamique), pourvu que l'on prenne dans son établissement quelques précautions particulièrement simples et faciles à observer.

Nos expériences ont porté sur six tubes différents qui répondaient aux caractéristiques suivantes :

Le tube A est en cuivre; il mesure 9^{mm} de diamètre extérieur, et son extrémité est constituée par une ogive rapportée en laiton, tournée et rectifiée et percée d'un trou de 2^{mm}.

Le tube B est une réplique approchée du tube A. Il mesure 8^{mm} de diamètre extérieur et comporte un orifice de $2^{mm},5$ de diamètre percé dans une ogive rapportée.

Le tube C est de construction analogue aux précédents, mais sans aucune relation de forme ou de dimensions avec eux (diamètre extérieur, $7^{mm},5$; diamètre de l'orifice, $2^{mm},5$).

Le tube D est constitué simplement par un élément de tube de cuivre de $8/6^{mm}$, dont l'extrémité a été tournée en cône jusqu'à obtenir un bord vif et façonnée ensuite à la lime en forme d'ogive sans précautions spéciales ni observation de cotes particulières.

Enfin, les tubes E et F sont deux tubes coniques en acier de $12/2^{mm}$. Le bord de

l'orifice du tube E comporte un plat de $0^{mm},5$ de largeur, tandis que celui du tube F est aminci, sans toutefois présenter une arête très vive. La longueur de la partie conique est de 65^{mm} pour le tube E et de 63^{mm} pour le tube F.

Ces divers tubes ont été comparés en les disposant successivement exactement à la même place, dans l'axe d'une tuyère noyée de 40^{mm} de diamètre et immédiatement à l'aval de la section de sortie de celle-ci. Cette tuyère était elle-même montée entre une cuve amont de 1^{m} de diamètre intérieur, munie de dispositifs régularisateurs du courant et une cuve aval de $1^{m},17$ de diamètre.

Pratiquement, la vitesse d'approche dans la cuve était absolument négligeable, et la différence entre les pressions statiques amont et aval pouvait être considérée comme égale (aux pertes de la tuyère près) à la valeur moyenne de la hauteur due à la vitesse de sortie de la tuyère, ou, sensiblement, à la pression dynamique correspondant à la vitesse moyenne de sortie. Aussi cette différence entre les pressions statiques amont et aval a-t-elle été prise comme terme de comparaison des indications des tubes de Pitot, étant bien entendu que la pression dynamique indiquée par un tel tube ne lui était pas théoriquement nécessairement égale, puisque la vitesse dans l'axe de la tuyère n'était pas nécessairement égale à la vitesse moyenne : en pratique les écarts étaient toutefois assez faibles (quelques millièmes au plus).

On a procédé à deux séries d'expériences, l'une pour deux vitesses de 2,70 m/sec et 10,30 m/sec environ avec les tubes A, B, C et D, l'autre pour un plus grand nombre de vitesses échelonnées sensiblement entre les mêmes limites avec les tubes A, E et F.

Les résultats de ces expériences mettent en évidence une concordance très remarquable des indications des tubes A, C et D surtout entre eux et avec la différence des pressions amont et aval : les écarts ne dépassent pas quelques dix-millièmes. Avec le tube B, l'écart atteint une fois trois millièmes. Mais de telles différences paraissent de l'ordre des erreurs d'expérience (c'est peut-être à cette cause qu'il faut attribuer certains écarts négatifs), et sont en tout cas négligeables dans la plupart des cas de la pratique courante. Quant aux tubes E et F, ils accusent, le second surtout, des écarts un peu plus grands, qui ne dépassent pas toutefois quelques millièmes.

Les écarts relatifs moyens d'avec la différence des pressions amont et aval calculés pour les divers tubes, pour des vitesses de l'ordre de 2,70 et 10,30 m/sec sont les suivants :

Tube A.........	—0,00023	Tube D.........	—0,00057
Tube B.........	0,00175	Tube E.........	0,00261
Tube C.........	0,00032	Tube F........,	0,00,99

En résumé :

1° Si l'on s'en tient à l'approximation du centième, les six tubes que nous avons expérimentés sont équivalents et donnent bien la pression dynamique. Nos résultats sont entièrement d'accord sur ce point avec ceux des expériences de M. Camichel et de ses collaborateurs, qui ont d'ailleurs étendu leurs observations à des tubes d'un diamètre plus faible que ceux que nous avons étudiés ;

2° Mais, en poussant l'approximation plus loin, nous avons trouvé une supériorité très nette des tubes terminés en ogives par rapport aux tubes coniques.

On peut donc conclure qu'il est possible d'obtenir la pression dynamique avec une approximation de quelques dix-millièmes au moyen de tubes de Pitot dont l'extrémité est terminée en forme d'ogive, et le bord aminci.

Ces conclusions valent tout au moins pour des tubes ayant des dimensions du même ordre de grandeur que ceux que nous avons étudiés : diamètre intérieur de l'ordre de 1 à 10^{mm}, biseau dont l'angle ne dépasse pas 10 à 30°. Il est infiniment probable d'ailleurs que la concordance subsisterait pour des diamètres plus petits ou plus grands que ceux-là.

ASTRONOMIE. — *Appareils de mesure de l'équation personnelle absolue dans les observations à l'astrolabe à prisme.* Note de Mme **E. Chandon**, MM. **R. de Volontat** et **A. Gougenheim**, présentée par M. Ernest Esclangon.

L'équation personnelle dans les observations à l'astrolabe constitue une partie systématique des erreurs possibles d'observation ; elle affecte seulement la correction de pendule, qui se déduit à peu près uniquement du passage des étoiles horaires, et l'on peut la considérer comme équivalente au retard moyen apporté dans l'observation de ces étoiles.

Le principe commun aux appareils destinés à la mesurer est le suivant :

Un dispositif optique, comportant des pièces mobiles, permet à un observateur de voir le même phénomène que lorsqu'il regarde dans un astrolabe le passage d'une étoile réelle.

L'observateur manœuvre l'appareil jusqu'à ce que les deux images lui paraissent aussi exactement que possible sur la même horizontale. Il règle, pour cette position du système mobile, un contact électrique intercalé dans le circuit d'une des plumes d'un chronographe; une autre plume étant réservée au top de l'observateur.

Cette position, appelée le *zéro* de l'appareil, doit être obtenue avec une précision atteignant le centième de seconde de temps.

Le *zéro* doit être vérifié fréquemment; au début et à la fin d'une série de mesures, si l'expérience montre qu'il est stable; plus souvent, si c'est nécessaire.

Quand le réglage du zéro est effectué, on amène l'étoile fictive hors du champ qu'on lui fait ensuite traverser à la vitesse apparente d'une étoile réelle; à l'instant vrai de la coïncidence, le contact agit et la plume est déviée; l'observateur, de son côté, note le phénomène; l'intervalle de temps séparant les deux tops est une valeur isolée de l'équation personnelle.

Nous avons expérimenté des appareils de modèles différents. Les essais ont eu lieu au Service géographique de l'Armée, sous le contrôle du colonel Viviez, chef de la Section de Géodésie. Trois de ces appareils ont en effet été construits sur l'initiative du général Bellot, directeur de ce Service.

Les appareils étudiés peuvent se ranger en deux catégories.

A. Pour les uns, un collimateur envoie sur un astrolabe un faisceau de rayons parallèles, qu'un dispositif optique (*déviateur*) permet de déplacer de façon continue, et l'observateur éprouve ainsi l'impression du passage d'une étoile réelle.

Dans ce type d'appareils, le déviateur permet, si on le fait tourner autour de l'axe optique du collimateur, d'assurer ce déplacement dans un plan quelconque passant par l'axe optique. On peut ainsi réaliser des étoiles fictives ayant un mouvement apparent analogue à celui de n'importe quelles étoiles réelles, circumméridiennes aussi bien qu'horaires.

Dans l'appareil Hurault (S. O. M.), le *déviateur* est constitué par une lame prismatique, perpendiculaire à l'axe optique du collimateur, et pouvant recevoir une translation parallèle à cet axe, entre le foyer et la lentille objectif.

Les mesures faites avec cet appareil, tel qu'il se présente actuellement, n'ont pas été retenues, à cause de l'instabilité du *zéro*.

Dans l'appareil Jobin-Yvon, le *déviateur* est constitué par un diasporamètre placé au delà de l'objectif du collimateur. Il est porté par un bras encastré dans un pilier indépendant de celui de l'astrolabe. Un moteur

électrique fait tourner dans leur plan, en sens inverse l'un de l'autre, et avec la même vitesse angulaire, les deux prismes du diasporamètre.

B. Avec l'autre catégorie d'appareils de mesure des équations personnelles, l'astrolabe n'intervient pas.

Les deux images stellaires sont matérialisées par deux points lumineux pouvant se déplacer avec des vitesses égales et de signes contraires, sur des verticales très voisines.

L'observation se fait à l'œil nu, ou à travers une lunette de faible grossissement; ces appareils ont reçu le nom d'*appareils visuels*.

L'appareil Hurault, construit par Chasselon, comporte un bâti vertical, haut de 2^m; un dispositif ingénieux évite l'emploi du chronographe. L'observation se fait à une dizaine de mètres.

L'appareil Claude et Driencourt (S.O.M.) a une trentaine de centimètres de hauteur; il est par suite d'un maniement et d'un transport extrêmement faciles. L'observation se fait à $1^m,30$.

Résultats. — Le tableau suivant contient les valeurs moyennes de nos équations personnelles, obtenues à l'aide des divers appareils [1] :

Observateur.............	E. C.		R. V.		A. G.	
Appareils.	Équation personn.	Nombre de mesures.	Équation personn.	Nombre de mesures.	Équation personn.	Nombre de mesures.
Jobin-Yvon..........	$+0^s,04$	60	$+0^s,19$	40	$+0^s,12$	40
Hurault (Chasselon)..	+0,02	240	+0,13	280	+0,09	240
Claude et Driencourt (S. O. M.)..........	+0,01	160	+0,18	80	+0,10	140

Pour chacun des observateurs les mesures ont été effectuées par séries de 20, à des jours différents. On a constaté que l'équation personnelle varie peu d'un jour à l'autre. A l'intérieur d'une série l'écart moyen d'un pointé isolé a été trouvé égal à $0^s,06$ avec l'appareil Jobin-Yvon, à $0^s,03$ avec l'appareil Hurault (Chasselon), et à $0^s,07$ avec l'appareil Claude et Driencourt.

Ces résultats très satisfaisants montrent que les trois appareils retenus sont propres à la détermination de l'équation personnelle absolue dans les observations à l'astrolabe et à divers instruments de hauteurs égales. Ils prouvent en outre que, dans l'observation des étoiles horaires, les appareils *visuels* suffisent.

---

(1) Les équations personnelles figurant dans le tableau ont été ramenées à la même *poire à top* (celle de l'Observatoire de Paris), dont le retard propre, mesuré par ailleurs, est d'environ $0^s,06$.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur la contraction de l'univers.* Note de M. **Émile Sevin**, présentée par M. Ernest Esclangon.

En vue du développement d'un système cosmogonique cohérent, il convient de porter son attention sur les considérations suivantes :

1° Sir J. Jeans a été conduit à conclure que le rayonnement des étoiles avait commencé il y a quelque 5×10^{12} années; et, à côté de ce nombre, qui définit la durée du phénomène, il est nécessaire d'en donner un autre qui en fixe l'allure. Sir A. Eddington estime à 2 ergs en moyenne l'énergie libérée par la matière, par gramme et par seconde; il en résulte que, en cent millions d'années par exemple, la perte relative de masse est exprimée par la fraction (¹) :

$$\frac{2 \times 86400 \times 365 \times 10^8 \times 2}{9 \times 10^{20} \times 3} = \frac{4,67}{10^6}.$$

Mais un autre phénomène fait apparaître une allure beaucoup plus rapide. D'après M. Hubble, la vitesse apparente v, touchant le déplacement vers le rouge des raies spectrales des nébuleuses, est donnée par la formule : vitesse en kilomètres = distance en parsecs/1790, et il s'ensuit que, pour un parcours de cent millions d'années-lumière, le rapport v/c vaut :

$$\frac{10^8}{3,23 \times 1790 \times 3 \times 10^5} = \frac{5,76}{10^2}.$$

Ainsi, ce résultat est environ dix mille fois plus grand que le premier, et cette disproportion montre qu'il est difficile de penser que la relation, qui existe vraisemblablement entre les deux phénomènes, puisse se présenter de façon très directe.

2° Sir J. Jeans admet que, au cours du long rayonnement des étoiles, la masse de la matière a été réduite d'environ moitié : par suite, on devrait déceler, sous forme de rayonnements électromagnétiques, une densité d'énergie correspondant à l'ordre de grandeur de la densité actuelle de la matière, soit environ 2×10^{-10} erg par centimètre cube, et cette estimation est corroborée par le calcul que l'on peut faire en partant de celle de Sir A. Eddington sur l'activité de la matière. Or, c'est un fait que l'énergie en cause a presque complètement disparu, alors qu'elle devrait se

(¹) Nous tenons compte ici de l'énergie cinétique en rapport avec le spin et qui, d'après les résultats que nous avons obtenus, est égale à la moitié de l'énergie potentielle des particules.

trouver augmentée en raison de l'énergie libérée pendant la période pré-stellaire.

Dans le système cosmogonique que nous avons exposé, l'éther est caractérisé par une densité de masse μ et par une densité d'énergie potentielle $2A$, reliées l'une à l'autre par l'expression $\mu c^2 = 2A$. Si l'on désigne par R le rayon de l'univers, le volume hypersphérique de celui-ci est $2\pi^2 R^3$, d'où, pour l'éther, une masse totale $M = 2\pi^2 R^3 \mu$ et une énergie potentielle totale $2\pi^2 R^3 2A = 2\pi^2 R^3 \mu c^2 = Mc^2$. Par ailleurs, la matière, de masse totale $\mathcal{M}$, exerce sur l'éther une pression $k\mathcal{M}$ (k et $2A$ étant rattachés au coefficient de gravitation f par la formule $f = k^2/8\pi A$), l'équilibre est établi lorsque l'équation suivante est satisfaite,

$$12\pi^2 R^2 A\, dR - k\mathcal{M}\, dR = 0,$$

et c'est ainsi que le rayon est déterminé : $R^2 = k\mathcal{M}/12\pi^2 A$.

Dès lors, il apparaît que l'anéantissement de la matière provoque la contraction de l'univers : le rayon diminue, les distances diminuent, l'éther se condense et μ augmente. Il est ici essentiel de remarquer que $2A$, qui est analogue à une tension superficielle, demeure invariable et il en résulte que, au cours de l'évolution, l'énergie potentielle totale de l'éther diminue progressivement, en même temps que la vitesse de la lumière. Mais c'est cette vitesse qui fixe la grandeur de l'énergie potentielle individuelle $m_0 c^2$ des particules matérielles qui subsistent; cette énergie diminue donc également de façon régulière, et nous avons montré que l'origine du rayonnement cosmique primaire devait être recherchée dans l'énergie que les protons libres perdent dans ces conditions et qu'ils rayonnent grâce à leur spin (1).

C'est dans un univers qui se contracte que les raies spectrales des nébuleuses peuvent apparaître décalées vers le rouge par un processus analogue à celui de l'effet Doppler-Fizeau. Cela tient à ce que les distances l diminuent moins rapidement que la vitesse de la lumière et que la durée t de la propagation est accrue :

$$\frac{dt}{t} = \frac{dl}{l} - \frac{dc}{c} = \frac{dR}{R} - \frac{3}{2}\frac{dR}{R} = -\frac{1}{2}\frac{dR}{R},$$

et, R diminuant, t augmente. Mais ce n'est pas là la véritable explication de l'important décalage observé; toutes les variations dont nous venons de

(1) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 698; **196**, 1933, p. 1005.

parler sont en rapport direct avec la fraction $4,67/10^6$ et sont par conséquent très faibles.

Il nous faut retenir que l'univers se contracte, qu'il tend très lentement vers un état final et que son évolution est caractérisée par une diminution progressive de l'énergie potentielle disponible.

PHYSIQUE. — *Anneaux de Liesegang obtenus par électrolyse.* Note de M. E. **Banderet.**

En faisant passer un courant dans une couche de gélatine additionnée de bichromate de potassium, on obtient en utilisant des électrodes en argent des bandes partant de l'anode absolument semblables aux anneaux de Liesegang. Nous avons utilisé des solutions contenant pour 100^g d'eau 8 à 10^g de gélatine et 6^{cm^3} d'une solution normale de bichromate. Avec de la gélatine commerciale, les anneaux principaux de bichromate d'argent se forment sur un fond d'anneaux secondaires. En lavant la gélatine pendant plusieurs jours dans de l'eau distillée, les anneaux secondaires disparaissent presque complètement, et ne se trouvent plus que sur certaines plages du champ, distribuées au hasard, semble-t-il. Les bandes principales sont très fines, plus fines que dans les anneaux que nous avons obtenus par la méthode de la goutte de nitrate d'argent.

Quelques mesures de distances effectuées sur des préparations obtenues avec des tensions entre 2 et 40 volts à température légèrement variable semblent vérifier la loi de Mlle S. Veil (*Journal de Physique*, 3, 1932, p. 302). D'autre part, la distance des bandes varie en sens inverse de la tension appliquée. L'éloignement des électrodes ne semble avoir d'influence qu'à partir d'un minimum encore mal défini.

Un autre phénomène mérite d'être signalé. Lorsque le dépôt de bichromate d'argent a atteint environ la moitié de la distance entre les deux électrodes et que la décoloration de la gélatine partant de la cathode rejoint ce dépôt, la limite entre les parties décolorée et rouge est repoussée vers l'anode en ne laissant que quelques restes isolés de bandes. Nous continuons les mesures dans des conditions aussi bien déterminées que possible, surtout en opérant à température bien constante.

Avec de l'agar comme support, les bandes ne se forment pas ou se forment très indistinctement. Dans l'agar additionné de KI nous avons obtenu des dépôts périodiques, beaucoup moins beaux, il est vrai, d'iodure de Pb, en employant des électrodes en plomb.

ÉLECTROMÉTRIE. — *Sur un voltmètre amplificateur.*
Note de M. **Jean Roulleau**, présentée par M. Jean Perrin.

L'amplification des courants alternatifs, plus stable et plus facile à obtenir que l'amplification des courants continus, se prête aisément à la réalisation d'un voltmètre-amplificateur; il suffit d'utiliser un oscillateur dont l'amplitude d'oscillation soit fonction de la différence ou potentiel continue appliquée aux bornes d'entrée.

Le dispositif employé comporte une lampe bigrille. La plaque et la grille extérieure sont couplées par l'intermédiaire d'un transformateur à fer, de manière à créer un courant de fréquence audible. La grille extérieure joue un rôle modulateur; son potentiel, par rapport au filament, détermine la résistance interne de la lampe et, par suite, l'amplitude des oscillations plaque-grille intérieure. La polarisation est telle que le courant débité par la grille soit inférieur à 10^{-6} ampère. Les oscillations sont alors amplifiées par un dispositif quelconque dont l'amplification ne doit pas dépendre de la fréquence (car aux variations d'amplitude du courant, sont liées des variations de fréquence). A la sortie de la dernière lampe, le courant oscillant passe dans un transformateur, dont le circuit secondaire comporte un dispositif de redressement et un milliampéremètre. On peut également redresser directement le courant oscillant, en faisant fonctionner la dernière lampe dans les conditions où la caractéristique de plaque est courbe. Ce dernier dispositif est plus simple, et possède un meilleur rendement que le précédent.

La pente de l'amplificateur peut atteindre au maximum 2500 milliampères par volt, lorsqu'on utilise deux étages d'amplification à la suite de la lampe bigrille. Il n'y a d'ailleurs aucun inconvénient à augmenter le nombre de ces étages, car la stabilité est assez grande. Les variations accidentelles du courant final ne dépassent pas 1/50e de milliampère autour d'une valeur moyenne qui reste fixe dans le temps (lorsque la période d'allumage des lampes, de l'ordre de 1 heure, est effectuée).

Il est ainsi possible de déceler une variation de 2.10^{-5} volt à la grille d'entrée, qui produit une variation de 4.10^{-2} milliampère dans le circuit du milliampèremètre.

Afin de mesurer l'inertie de l'amplificateur, le milliampèremètre était remplacé par un oscillographe. Une variation rapide (dont la durée n'excède pas 1/100e de seconde) du potentiel de la grille d'entrée produit

une variation relativement lente du courant oscillant. Ce dernier met environ 1/4 de seconde pour atteindre son intensité d'équilibre, quelle que soit l'amplitude des variations du potentiel de grille. Cet amplificateur est par suite inutilisable pour l'amplification des courants alternatifs, même de très basse fréquence, à cause, d'une part, de son inertie considérable, et, d'autre part, de la production inévitable de battements entre le courant à amplifier et les oscillations de la lampe bigrille.

En résumé, cet appareil convient comme millivoltmètre pour courant continu, en n'exigeant qu'un appareil de mesure relativement peu sensible. Son principal avantage réside dans sa stabilité. Il importe aussi de remarquer que, lorsqu'on utilise le montage comportant un redresseur à la suite du transformateur de sortie, les sources de courant nécessaires au chauffage des filaments et aux tensions des plaques peuvent subir des variations assez grandes sans qu'il en résulte de variation notable de l'amplification, tout au moins pour les derniers étages.

SPECTROSCOPIE. — *Structure de la raie Raman principale du benzène.* Note de MM. **Léon** et **Eugène Bloch**, présentée par M. Villard.

Nous avons pris un grand nombre de clichés de la raie Raman 992 cm^{-1} du benzène au moyen d'un spectrographe à prismes donnant une dispersion de 7,8 A par millimètre dans la région λ 4500 A.

Tous ces clichés présentent pour la raie Raman en question une structure fine très serrée comportant 4 (et peut-être 5) satellites dont les écarts en nombre d'ondes par centimètre ΔN par rapport à la raie principale sont donnés dans le tableau suivant. Le tableau contient aussi la liste des écarts tels qu'ils ont été observés par Howlett (¹) et une estimation qualitative des intensités d'après nos clichés :

Int.	ΔN (Bloch).	ΔN (Howlett).
0	−13,8	−13,1
1	− 6,8	− 6,3
20	0	0
(?)	(+ 3,1)	(...)
2	+ 8,4	+ 8,3
0	+13,7	+11,9

L'accord général entre nos nombres et ceux de Howlett est satisfaisant.

(¹) Howlett, *Canadian J. of Research*, 5, 1932, p. 572.

Il a été confirmé par des enregistrements microphotométriques. Il semble surprenant que M. Grassmann [1], qui vient de publier les résultats d'une étude sur la raie 992 du benzène faite avec une dispersion légèrement inférieure à la nôtre, ne signale pas la structure fine que nous observons (à l'exception du satellite + 8,4, également obtenu par Gerlach).

RADIOACTIVITÉ. — *Séparation des éléments* 88 (Ra), 89 (Ac) *et* 90 (Th), *à l'aide de solvants organiques*. Note de M. **M. Haïssinsky**, présentée par M. G. Urbain.

Guidé par les données connues sur les solubilités des sels de baryum, de lanthane et de thorium, dans les solvants organiques, j'ai pensé qu'on pourrait facilement effectuer, à l'aide de ces solvants, la séparation du radium (homologue du baryum), de l'actinium (homologue du lanthane) et du thorium, ainsi que celle de l'actinium du thorium. Les essais entrepris dans ce sens ont montré que le nitrate de thorium X, isotope du radium, est insoluble dans l'alcool éthylique absolu, tandis que le nitrate de mésothorium 2, isotope de l'actinium, est facilement soluble dans ce solvant (tout ou moins en présence de lanthane); on sait qu'il en est de même pour le nitrate de thorium. En ajoutant de la pyridine à la solution alcoolique de ces deux derniers sels, le thorium précipite quantitativement et le mésothorium 2 reste avec le lanthane en solution.

Ces résultats m'ont permis d'établir une méthode de séparation que j'ai appliquée aux produits de désintégration du thorium et au mélange d'actinium X et radioactinium. La première séparation seule sera ici décrite.

3 ou 4^{mg} de $(NO^3)^2Ba$ contenant du mésothorium 1 (88) avec ses produits de désintégration [MsTh2 (89), RdTh (90), ThX (89) et dépôt actif], auxquels on a ajouté de 3 à 5^{mg} de nitrate de lanthane, sont évaporés sur bain-marie. Le produit sec est repris avec 4^{cm^3} d'alcool absolu et filtré; la substance restée sur le filtre et contenant le baryum [2], le MsTh1 et le ThX, est lavée 5 ou 6 fois à l'aide du même solvant. On ajoute au filtrat 3^{mg} de nitrate de thorium cristallin et de 4 à 5^{cm^3} de pyridine. Il se forme tout de suite un précipité gélatineux de thorium (+ RdTh) qui, chauffé au

(1) Grassmann, *Zs. f. Phys.*, 82, 1933, p. 767.

(2) La solubilité de $(NO^3)^2Ba$ dans l'alcool absolu est, à 25°, de $0{,}99.10^{-5}$ mol/l (R. P. Seward et W. C. Schumb, *Journ. Amer. Chem. Soc.*, 52, 1930, p. 3965).

bain-marie pendant une dizaine de minutes, se rassemble très bien et se laisse filtrer assez rapidement. Le filtrat contient le lanthane et le mésothorium 2 très pur, ainsi qu'il résulte des mesures de l'activité du produit, laquelle décroît avec une période rigoureusement égale à celle qu'on admet actuellement ($6^h, 13$). Par contre, le $(NO^3)^2Ba$ resté sur le filtre contient encore de 5 à 10 pour 100 de mésothorium 2 et de radiothorium, le précipité de thorium contient 7 pour 100 environ de mésothorium 2. En effectuant les opérations deux ou trois fois sur les parties insolubles, la séparation est complète, dans les limites de précisions des mesures employées (ionisation β).

Le dépôt actif passe principalement dans les filtrats, mais il en reste une partie avec les insolubles. Pour l'éliminer, on le précipite, en présence de $(NO^3)^2Pb$, à l'aide du gaz H^2S qu'on fait passer dans le liquide alcool-pyridinique lui-même. La précipitation est très rapide et complète. D'une manière analogue, on peut récupérer le lanthane avec le mésothorium 2 de ce liquide sous forme d'hydrate ou d'oxalate en y ajoutant directement le réactif approprié. L'ensemble de ces opérations demande peu de temps et des manipulations aussi simples que possible, de sorte que la perte de matière active est pratiquement nulle.

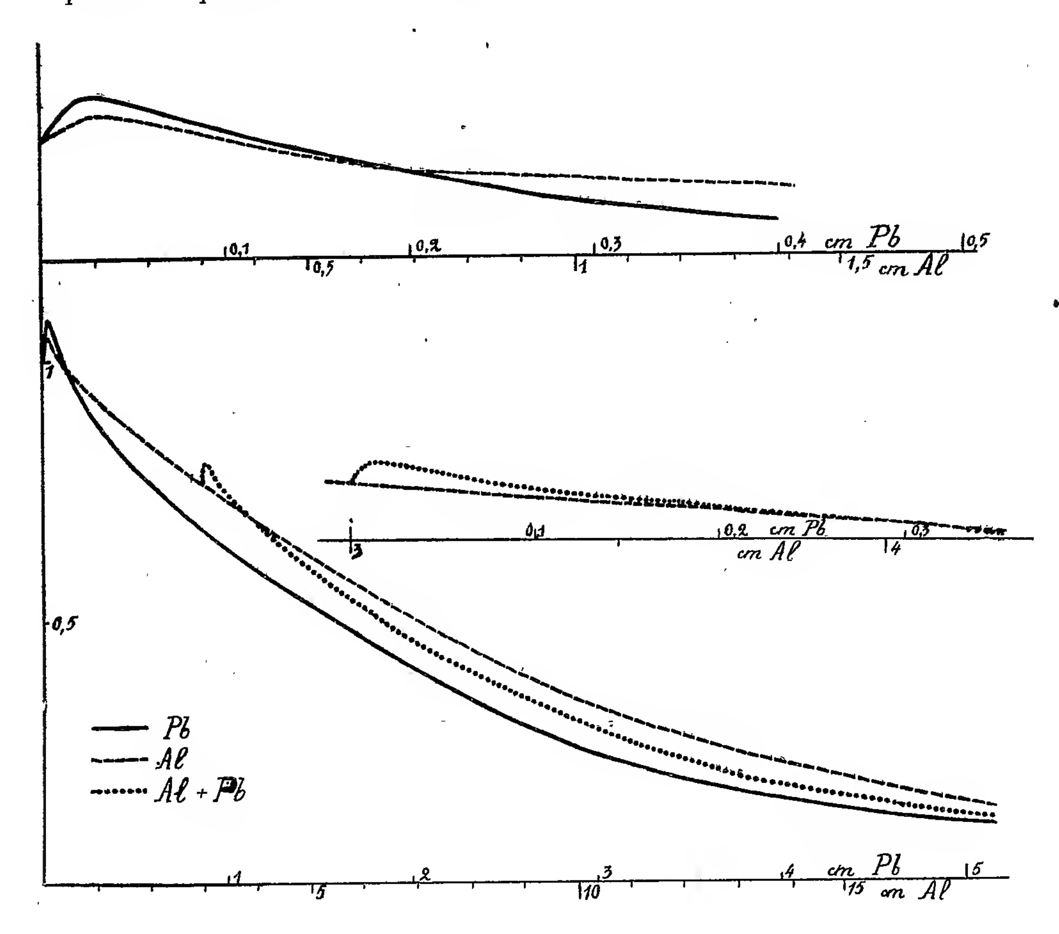
On sépare, enfin, sous forme de nitrate, le thorium X accumulé par le radiothorium, d'après la méthode décrite. Le nitrate est transformé en iodure, dissous dans l'acétone et déposé électrolytiquement, d'après un procédé qui sera décrit ultérieurement, sur une cathode de nickel ou de platine.

RADIOACTIVITÉ. — *Phénomènes de passage produits par les rayons* γ. Note de MM. **G. Guében** et **L. Hermans**, présentée par M. J. Perrin.

Divers auteurs ont signalé les effets de passage (*Uebergangseffekte*) produits par l'ultrarayonnement. Ainsi, G. Hoffmann (¹) trouva que l'intensité de l'ionisation après interposition de couches équivalentes (équivalentes par la même densité électronique) de diverses substances n'est pas la même : elle est plus grande pour des substances de faible poids atomique que pour des substances de poids atomique élevé. Ce résultat fut confirmé par E. Steinke (²) et H. Schindler (³). Ce dernier trouve des variations de

(¹) G. Hoffmann, *Ann. der Phys.*, 82, 1927, p. 413.
(²) E. Steinke, *Zs. f. Phys.*, 48, 1928, p. 647.
(³) H. Schindler, *Zs. f. Phys.*, 72, 1931, p. 625.

la courbe d'absorption quand on interpose des écrans de diverses substances. Si, par exemple, on emploie d'abord des écrans d'aluminium, puis qu'on leur superpose des écrans de plomb, on constate que l'intensité de l'ionisation croît d'abord dès que les premières épaisseurs de plomb sont ajoutées, puis qu'elle décroît plus rapidement qu'elle ne le ferait pour une épaisseur équivalente d'aluminium.



Nous avons recherché si de semblables circonstances apparaissent dans le cas des rayons γ. Nous avons employé dans ce but une préparation de radium en tube scellé et nous avons étudié systématiquement les effets d'absorption que présente le rayonnement pénétrant qu'émet cette préparation et que laisse passer un filtre primaire de 5^{cm} de plomb.

Quand on étudie l'absorption dans le plomb seul, on trouve d'abord un accroissement de l'ionisation quand les premiers écrans de plomb sont

interposés devant la chambre, puis, à mesure que croît l'épaisseur de plomb, on observe une diminution rapide de l'ionisation.

Quand on change le milieu interposé, les résultats, pour être comparés, doivent être rapportés à des épaisseurs équivalentes par la même densité électronique. C'est ainsi que dans le cas de l'aluminium, on retrouve l'accroissement initial de l'ionisation mais moindre que dans le cas du Pb; la courbe d'absorption de l'aluminium coupe ensuite la courbe du plomb puis se maintient au-dessus de celle-ci en paraissant tendre cependant vers la même limite (voir la figure).

Ces résultats correspondent aux phénomènes de passage air-Pb et air-Al.

Pour observer le passage de l'aluminium au plomb, nous avons d'abord interposé devant la chambre successivement des écrans d'aluminium, jusqu'à 3^{cm} par exemple, puis nous leur avons superposé des épaisseurs croissantes de plomb (le plomb étant introduit entre les écrans d'aluminium et la chambre). Nous avons constaté ainsi, dès que les premiers écrans de plomb sont ajoutés, un accroissement de l'ionisation suivi d'une diminution plus rapide que celle que l'on observe avec une épaisseur équivalente d'aluminium.

Ces effets sont absolument semblables à ceux que Schindler observa avec l'ultrarayonnement.

Ces premiers résultats étaient obtenus quand nous avons eu connaissance d'une Communication de R. A. Millikan (¹) qui signale que M. Workman, travaillant dans son laboratoire, est arrivé à des conclusions semblables. Millikan fournit ce résultat comme une preuve suplémentaire de la nature électromagnétique de l'ultrarayonnement. Nous pensons cependant que cette manière de voir est prématurée. Les résultats observés sont évidemment dus à l'action des rayons secondaires corpusculaires libérés dans les écrans interposés par le rayonnement incident. Mais, jusqu'à présent, rien ne prouve qu'ils soient spécifiquement caractéristiques d'un rayonnement électromagnétique. Nous avons toutefois jugé intéressant de signaler ici l'analogie que nous avons aussi observée entre les effets de passage dus à l'ultrarayonnement et ceux produits par les rayons γ.

L'ensemble des résultats fera l'objet d'une publication détaillée prochaine.

(¹) R. A. Millikan, *Phys. Rev.*, 43, 1933, p. 661.

RADIOACTIVITÉ. — *Atomes de recul en milieux gazeux. Affinité électronique.* Note de M. **La. Goldstein**, présentée par M. Jean Perrin.

Il a été montré ([1]) que le rendement d'une électrode négativement chargée, plongée dans une atmosphère de radon et d'air varie avec la pression du mélange gazeux pour une même tension appliquée aux électrodes.

Si l'on a soin pour chaque pression d'établir un champ électrique suffisant pour obtenir le courant de saturation des ions de deux signes et éviter ainsi les recombinaisons des ions on observe ([2]) que le rendement cathodique est indépendant de la pression et a pour valeur 83 pour 100.

Dans les mêmes conditions de saturation ce rendement est beaucoup plus faible (32 pour 100) ([3]), en opérant avec un mélange de radon et de gaz rare (A, NeHe) purifié et notamment débarrassé de toute trace d'oxygène et de vapeur d'eau.

Ce résultat semblait indiquer l'influence de l'affinité électronique du milieux gazeux sur le rendement d'activation d'une cathode.

La présente Note a pour but de montrer que cette hypothèse est confirmée par les expériences dont les résultats sont les suivants :

Nous avons étudié d'une part (*a*) la variation du rendement cathodique dans un milieu gaz rare-radon à une pression déterminée contenant différentes quantités d'impuretés électronégatives, d'autre part (*b*) la variation du rendement cathodique avec la pression du milieu gazeux contenant, à une pression partielle constante, la même impureté électronégative.

Les gaz rares utilisés dans ces expériences sont le néon et l'hélium, l'impureté électronégative étant l'oxygène sec.

a. Pression partielle de l'oxygène constante 0,1 *pour* 100 *de la pression totale du mélange hélium-oxygène* (quantité de radon environ 0,5 millicurie) :

Pression en millimètres de Hg	51	94	124	253
Rendement cathodique en %	34	41	44	52,5

b. Pression constante du mélange néon-oxygène 440^{mm} *de* Hg (quantité de radon de l'ordre de 1 millicurie) :

Pression partielle de l'oxygène.	0	10^{-3}	10^{-2}	2.10^{-2}	3.10^{-2}	4.10^{-2}	5.10^{-2}
Rendement cathodique en %..	32	35	55	75	83	83	83

([1]) M. Laporte, et La Goldstein, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 689.
([2]) La. Goldstein, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 1450.
([3]) La. Goldstein, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1373.

Nous interprétons ces résultats de la façon suivante :

L'atome de recul dans son mouvement rapide, par suite des premiers chocs avec les atomes ou molécules du milieu gazeux, s'ionise (ou s'il était déja chargé à la naissance, s'ionise davantage). La probabilité pour qu'un tel atome de recul ionisé capture un ou plusieurs électrons, permettant sa neutralisation, est d'autant plus faible que le milieu gazeux possède une affinité électronique plus forte, c'est-à-dire dans lequel le nombre d'électrons libres est plus petit.

Ce raisonnement rend compte du fait que dans un mélange gaz rare-oxygène, la pression partielle du gaz d'appoint (O^2) restant constante (hélium-oxygène), le rendement cathodique augmente avec la pression du mélange.

On sait ([1]), en effet, que l'action des impuretés électronégatives contenues dans un gaz rare est d'autant plus marquée, que la pression du gaz rare est plus élevée.

Par contre cette augmentation de rendement cathodique n'est pas proportionnelle avec la pression du gaz, comme on pourrait s'y attendre. Ce fait s'explique également par le raisonnement ci-dessus; sachant que pour une même quantité de radon utilisée la densité électronique du milieu gazeux augmente avec la pression du gaz.

On remarque, d'après les résultats ci-dessus, que, à pression partielle d'oxygène égale et à pression totale égale du mélange He — O^2 et Ne — O^2, le rendement cathodique est plus faible dans ce dernier cas. Ceci tient probablement au fait que la production d'ions est plus grande dans un gaz lourd comme le néon et qu'il faudrait relativement plus d'oxygène pour absorber les électrons du milieu gazeux.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la structure des alliages fer-nickel.* Note de MM. **W. Broniewski** et **J. Smolinski**, présentée par M. H. Le Chatelier.

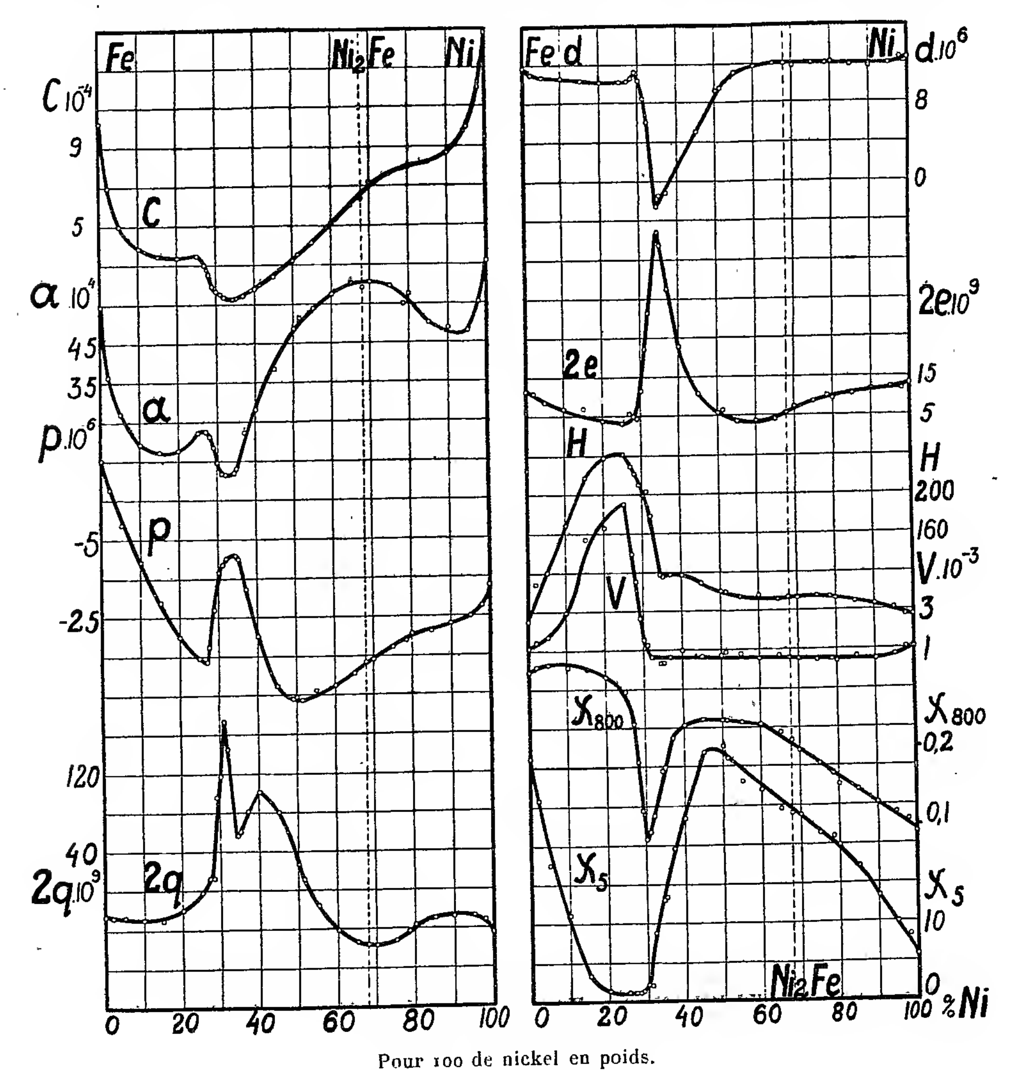
Les alliages du fer avec le nickel ont été l'objet de nombreuses études concernant surtout leur dilatation et leurs propriétés magnétiques. Leur structure paraît moins bien connue.

Dans notre étude, comme dans les précédentes ([2]), nous nous sommes

([1]) M. da Silva, *Ann. de Phys.*, 12, 1929, p. 128-129.

([2]) *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 651; 190, 1930, p. 1412; 194, 1932, p. 973 et 2047.

astreints à mesurer un certain nombre de paramètres sur les mêmes échantillons. Comme métaux constituants nous avons employé le fer et le nickel



Pour 100 de nickel en poids.

C, conductivité électrique à 0° en ohms par cm³; α, coefficient de température de la résistance électrique entre 0 et 100°; p, pouvoir thermoélectrique à 0°, par rapport au plomb en volts; 2q, variation du pouvoir thermoélectrique entre —80 et +100°; d, coefficient de dilatation à 0°; 2e, variation du coefficient de dilatation entre 17 et 444°; H, dureté Brinell; V, perte en ergs par gramme pour un cycle d'hystérésis dans un champ de 150 gauss; χ, coefficients d'aimantation spécifique dans des champs de 5 et de 800 gauss.

électrolytiques. L'alliage fondu dans le vide d'un four à haute fréquence, montait dans un tube de silice de 5^{mm}, comme dans un tube barométrique, lorsque la pression atmosphérique se trouvait rétablie dans le four.

Les échantillons ainsi préparés subissaient une homogénéisation par recuit de 100 heures à 950° dans le vide et un refroidissement lent, en 24 heures, jusqu'à la température ordinaire. Les alliages après traitement montraient, à l'étude micrographique, une seule phase, exception faite des compositions entre 28 et 32 pour 100 de nickel où un mélange de deux phases fut mis en évidence.

Le résultat de notre étude est reproduit sur la figure ci-contre.

La dureté (H) et les pertes par hystérésis (V) n'avaient pas encore été étudiées, à notre connaissance, pour l'ensemble des alliages fer-nickel. Les courbes de ces deux paramètres ont une allure sensiblement analogue qui paraît autoriser l'hypothèse d'une dépendance mutuelle de ces deux propriétés. Il est aussi à remarquer que tous les alliages de 33 à 90 pour 100 de nickel ont une hystérésis très faible, inférieure à celle du fer et du nickel.

Les points singuliers les plus importants se manifestent entre 25 et 35 pour 100 de nickel, mais ne paraissent pas correspondre à des composés définis, n'étant pas liés à des compositions fixes, mais se déplaçant avec la température comme l'avait déjà montré M. Chevenard (1914). Ainsi, le minimum du coefficient de dilatation, voisin de 35 pour 100 de nickel à la température ordinaire se manifesterait aux environs de 60 pour 100 de nickel à 600°. Du reste, l'interprétation de ces phénomènes, par l'abaissement des points de transformation du fer jusqu'à la température ordinaire paraît être amplement suffisante.

Par contre, certains faits forcent d'admettre la présence du composé $FeNi^2$. Ainsi les alliages de cette composition : *a*, se solidifient à température constante (Hanson et Freeman, 1923); *b*, correspondent au maximum de la courbe des points de Curie (Hegg, 1910); *c*, correspondent au maximum de la courbe du coefficient de température de la résistance électrique (α, de notre figure); *d*, correspondent au minimum de la courbe de variation du pouvoir thermoélectrique ($2q$ de notre figure).

Les autres courbes n'indiquent pas ce composé, mais n'excluent pas, non plus, sa présence.

En admettant l'existence de la combinaison $FeNi^2$, qui paraît avoir le même réseau que le nickel, la structure des alliages fer-nickel recevrait à la température ordinaire l'interprétation suivante :

Jusqu'à 28 pour 100 de Ni, solution solide de $FeNi^2$ dans le fer;

De 28 à 32 pour 100 de Ni, mélange de deux solutions solides limites;

De 32 à 67,8 pour 100 de Ni, solution solide du fer dans le $FeNi^2$;

A partir de 67,8 pour 100 de Ni, solution solide continue du nickel et du $FeNi^2$.

Les points singuliers remarqués au voisinage de la composition Fe^2Ni trouvent leur explication par le fait qu'à cette teneur correspondrait approximativement la limite de la solution solide du fer dans le composé $FeNi^2$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La limite de dégradation des solutions de caoutchouc.* Note de MM. **Paul Bary** et **Émile Fleurent**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Dans nos Notes précédentes (¹) nous avons indiqué que la dégradation des solutions de caoutchouc dans le xylène placées en tubes scellés à des concentrations allant de 1 à 5 pour 100 et à des températures de 44 et 92° C., tendait vers une limite qui dépendait de la concentration et de la température.

Une des séries d'expériences faites pour déterminer les conditions de cette dégradation a été amenée jusqu'au point où la viscosité des solutions employées est devenue constante dans chaque cas. Ce résultat a été atteint en des temps pratiquement de l'ordre de 10000 heures de chauffage pour les solutions à 5 pour 100 de caoutchouc et d'autant moins long que les solutions sont moins concentrées et que la température est plus haute.

A cette limite, la viscosité de la solution est la valeur stable et définitive qu'elle doit atteindre à la température choisie. Il est donc intéressant de comparer la loi suivie par la viscosité en fonction de la concentration de solutions dont l'évolution est terminée avec la formule d'Arrhenius généralement admise pour représenter la viscosité en fonction de la concentration des solutions de colloïdes lyophyles :

$$\log \eta = KC$$

dans laquelle η est le quotient du rapport de la viscosité de la solution à la viscosité du solvant pur, C la concentration et K une constante.

Le tableau ci-dessous donne les valeurs limites η_∞ trouvées à 44° et à 92° pour six concentrations différentes.

Concentration C.	η_∞ à 44°.	η_∞ à 92°.	Log η_∞ à 44°.	Log η_∞ à 92° trouvé.	Log η_∞ à 92° calculé.
0,01........	4,99	1,94	0,70	0,287	0,368
0,015.......	7,30	3,27	0,86	0,514	0,352
0,02........	20,5	5,45	1,31	0,736	0,736
0,03........	42,7	11,7	1,63	1,068	1,104
0,04........	133,0	30,0	2,12	1,477	1,472
0,05........	196,0	77,8	2,29	1,891	1,840

(¹) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 946; **193**, 1931, p. 852; **195**, 1932, p. 665.

D'après la formule d'Arrhenius, les valeurs des logarithmes des viscosités doivent être proportionnelles à la concentration. Cette condition paraît à peu près remplie pour les solutions maintenues à la température de 92°, comme le montre la dernière colonne du tableau qui porte la valeur calculée d'après la formule

$$\operatorname{Log} \eta_x = 36,8\, C$$

avec une approximation suffisante pour ce genre d'expériences par suite des difficultés dont nous avons parlé dans notre Note précédente.

Par contre, pour la température de 44°, les points d'expériences de $\log \eta_x$ ne se placent plus sur une droite, mais sur une courbe concave vers l'axe des concentrations. Une observation analogue a été déjà faite par MM. J. Duclaux et Nodzu sur les solutions de nitrocellulose dans la méthyléthylcétone.

Il est difficile de préciser les causes de divergences observées dans un assez grand nombre des expériences, correspondant chacune à un tube scellé particulier. Il semble que, sous l'action prolongée pendant des milliers d'heures de chauffage, il suffit de traces très faibles de certaines impuretés provenant soit des parois du tube, soit du dissolvant, soit enfin du caoutchouc lui-même, pour donner des différences parfois considérables dans la valeur de la viscosité. La série d'expériences faites à 92° qui se rapproche très sensiblement de la loi linéaire d'Arrhenius est, à ce point de vue, beaucoup plus satisfaisante que la courbe donnée par la série à 44°.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *John Holker et la fabrication de l'acide sulfurique en France, au* XVIIIe *siècle.* Note de M. **Paul Baud**, présentée par M. Camille Matignon.

Pour une grande majorité, les auteurs des Traités de Chimie industrielle, aujourd'hui classiques, attribuent à John Holker [1] la construction

[1] John Holker de Mounton (1719-1786), gentilhomme anglais, s'occupe de l'industrie cotonnière, à Manchester, dès 1749. Partisan de Charles-Édouard, fait prisonnier à Culloden et condamné à mort, il s'évade et prend du service dans le régiment d'Ogilvy jusqu'en 1748. Démissionnaire en 1751, il monte à Rouen une manufacture de velours de coton. Nommé, en 1755, Inspecteur général des Manufactures, il introduit en France le calandrage au cylindre, les presses à chaud et les moulins à retordre. Il laisse sa charge à son fils en 1777 (cf. C. Ballot, *L'introduction du machinisme dans l'industrie française*, p. 43; Paris, Rieder, 1923).

de la première « vitriolerie » française, *avec chambre de plomb*, au faubourg Saint-Sever, de Rouen (certains précisent : rue des Brouettes), en l'année 1766 ([1]).

Nos recherches aux Archives nationales et aux Archives départementales de la Seine-Inférieure nous ont montré qu'il est facile de redresser une erreur courante depuis plus de soixante ans et nous indiquons quelques faits qui nous semblent régler, sur ce point, l'histoire des origines de la Grande Industrie chimique, en France.

1762 : Arrêt du Conseil (26 juin), supprimant la distinction, jusqu'à alors admise, entre « l'huile » et « l'aigre ou esprit » de vitriol et ramenant à 3 livres 15 sols le droit d'entrée qui frappe le cent pesant d'huile, d'origine anglaise, vendue de 15 à 16 sols la livre ([2]).

Un Mémoire postérieur de Holker (11 avril 1768) indique qu'il n'y a encore que trois établissements fabriquant un tel produit : l'un à Londres ([3]), l'autre en Ecosse ([4]), le troisième à Bruxelles (?) « gouverné par un Anglais, sorti de celui de Londres » ([5]).

1754 : Lettre de Holker (11 octobre) appuyant auprès de Trudaine, Intendant des Finances, la requête d'un Sr Brown, inspecteur des Aydes à Bruxelles et nouvelle démarche (le 21 novembre) pour que « Brown et Therney soient recommandés aux Magistrats » ([6]).

1765 : Intervention de Holker (le 15 janvier) et Arrêts du Conseil (3 février) autorisant les Srs Brown, Cornely et Therney à établir à *Fécamp* une Manufacture de couperose, d'huile de vitriol,... avec gratification de 25 livres par quintal de couperose et de 2 sols par livre d'huile, ... versement annuel d'une somme de 2500 livres au Sr Brown « laquelle ne pourra être payée que lorsqu'il aura justifié de l'établissement de la dite Manufacture » et promesse de 1500 livres « pour faire venir un bon ouvrier d'Angleterre » qui « saura réunir le plomb sans le souder » ([7]).

1766 : Lettre de Holker (4 juin) annonçant qu'il a engagé « les Entrepreneurs » à » faire leur établissement à *Rouen* », car toutes les recherches sont restées vaines » pour trouver un emplacement, non seulement, à Fécamp, mais encore le long de la » Seine depuis Rouen jusqu'à Caudebec. »

([1]) Cf. Wurtz, *Dictionnaire de Chimie pure et appliquée*, 3, p. 136, Paris, Hachette, 1878; Knapp, *Traité de Chimie tech. et industrielle*, p. 291, Paris, Dunod (s. d.); Wagner, Fischer et Gautier, *Traité de Chimie industrielle*, p. 288, Paris, Masson 1892; Sorel, *Encyc. Frémy.*, 5, fasc. 1, p. 84; Lunge, *Traité de la fabrication de la soude*, p. 53, Paris, Masson, 1879; voir aussi A. Caille, *Discours de réception à l'Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Rouen* (séance du 28 mars 1924).

([2]) *Archives du Ministère de l'Intérieur*, *Arch. Nat.*, F[12] 1506.

([3]) Usine crée par Ward, à Richmond.

([4]) Fabrique de « Roebuc », écrit Holker, à Preston Pans.

([5]) Sans doute Brown dont il sera question plus loin.

([6]) *Arch. dép. de la Seine-Inf.* (*Arch. du Parlement de Normandie*), C. 129.

([7]) *Arch. Nat.*, F[12] 1506.

1766 : Arrêt du Conseil (18 juin) subrogeant les Srs Brown, Garvey et Norris, « à la permission et aux faveurs accordées aux Srs Brown, Cornely et Therney ».

Ainsi, en 1767, aucune manufacture d'huile de vitriol ne s'élève encore en Normandie; les projets de Brown, Garvey et Norris n'aboutissent pas, et une lettre postérieure de Holker à M. de Montaran (24 février 1778) rappelle que son fils [1] ne les a repris « qu'à la sollicitation du Ministre ».

1768 : Holker fils, qui ne dispose pour ses *essais* que de *deux ballons de* 15 *à* 16 *pouces de diamètre*, fait remettre (le 15 avril) deux flacons d'huile de vitriol « de sa fabrication » à de Montigny dont le rapport du 26 avril se termine sur le souhait « qu'il s'établisse des fabriques dans le Royaume ». Une lettre de Holker à Trudaine (le 7 mai) signale l'achat d'un grand terrain et de nombreuses maisons dans le faubourg (Saint-Sever) « avec toutes les commodités, sauf les hangards pour y placer les *globes* ».

Un long mémoire, dressé fin mars par Holker fils et modifié quelques jours plus tard, indique à Trudaine les frais prévus pour l'installation : Holker, père et fils, se *proposent* d'établir leur Manufacture sous le nom de Chatel et Cie, dont la fabrique de velours est située rue Saint-Julien.

Une lettre de Thiroux de Crosne [2] à Trudaine appuie la requête des intéressés, qui, le 1er septembre, adressent une dernière supplique; enfin, l'arrêt du 24 septembre « permet aux Srs Chatel et Cie d'établir au faubourg Saint-Sever une Manufacture d'huile de vitriol, eau forte et autres drogues accessoires, laquelle aura le titre de Manufacture privilégiée... » [3].

Dans sa lettre du 24 décembre, Holker apprend à Trudaine que les bâtiments sont entièrement finis et qu'il compte « produire en vente de l'huile de vitriol en février... ».

Ainsi, la première fabrique française d'huile de vitriol est bien due aux efforts de John Holker et de son fils, mais elle ne fut achevée qu'au milieu de l'été de 1769 [4]. Pour fixer son emplacement, *rue de Sotteville*, à la hauteur des impasses Thoreau et Bureau actuelles, nous nous rapportons à trois textes concordants [5].

Nous pensons reconstituer, sur les mémoires ou devis de Holker, la

---

(1) J. B. Holker de Mounton (1745-1822) dont le fils, J. J. Holker (1770-1844), sera l'associé de Chaptal et Darcet fils.

(2) Thiroux de Crosne, intendant de la Généralité de Rouen.

(3) *Arch. Nat.*, E 2247 (24 sept. 1768) et E 2497, n° 82.

(4) Cf. *Lettre de Thiroux de Crosne* (13 mars 1769) et *Information de commodo et incommodo* (26 avril 1769).

(5) Acte de mutation du 31 décembre 1810 (*Conserv. des Hypoth.*, *Registre de trans.*, vol. 149, n° 10294; Réfutation du Sr Béville aux Observations... (1784); cf. *Arch. Nat.*, F12 1507; Rapport des Commissaires chargés d'une enquête en septembre 1773, *Arch. Nat.*, F12 879.

disposition des ateliers et rétablir, sur divers états de la Ferme générale, la marche, durant ses premières années, de la Manufacture qui ne comptait, *à son origine*, aucune chambre de plomb.

CHIMIE MINÉRALE. — *La transformation sous pression des thionates et du sulfocyanure d'ammonium en sulfate de soufre.* Note de M. **Harnist**, présentée par M. C. Matignon.

Nous avons reconnu qu'en chauffant sous pression des polythionates d'ammoninm ils se transforment en sulfate d'ammoniaque, acide sulfurique et soufre d'après l'équation

(1) $$2(NH^4)^2S^5O^6 + 2H^2O = 3(NH^4)^2SO^4 + H^2SO^4 + 10S.$$

Cette transformation est complète à 180° et ne demande alors que quelques minutes, malgré la grande quantité d'acide sulfurique formé.

Le thiosulfate ajouté aux polythionates conduit aux mêmes produits :

(2) $$2(NH^4)^2S^3O^6 + (NH^4)^2S^2O^3 + H^2O = 3(NH^4)^2SO^4 + H^2SO^4 + 4S,$$

(3) $$3(NH^4)^2S^4O^6 + 3(NH^4)^2S^2O^3 + H^2O = 6(NH^4)^2SO^4 + H^2SO^4 + 11S.$$

La réaction reste quantitative en ajoutant jusqu'à 2^{mol} de thiosulfate pour 1^{mol} de polythionate d'après l'équation limite

(4) $$(NH^4)^2S^5O^6 + 2(NH^4)^2S^2O^3 = 3(NH^4)^2SO^4 + 6S,$$

établie par Feld (B. P. 10147, 1912) par un chauffage à l'air libre. En opérant ainsi à l'air libre on constate cependant que la décomposition est loin d'être complète ; par suite du dégagement des gaz sulfureux et sulfhydrique (ce dernier développement étrange avait déjà été observé par Feld) et même du gaz ammoniaque, une proportion atteignant jusqu'à 14 pour 100 du thiosulfate employé se refuse à la conversion. Le chauffage sous pression conduit au contraire en quelques minutes à un rendement quantitatif, même à des températures au-dessous de 140°, ce qui permet d'opérer en continu.

Avec le même succès, les sulfites d'ammonium (neutre ou acide) peuvent être ajoutés aux polythionates ou à leur mélange avec du thiosulfate et chauffés en vase clos, alors que, par le chauffage à l'air libre, le sulfite contenu dans des solutions de thionates ne subit, d'après Feld (D. R. P. 271105), aucune transformation et se volatilise en partie. De tels mélanges

se décomposent par exemple comme suit :

(5) $$5(NH^4)^2S^3O^6 + 2(NH^4)^2S^2O^3 + 3(NH^4)^2SO^3 + 2NH^4HSO^3 = 11(NH^4)^2SO^4 + 2H^2SO^4 + 11S.$$

Les sulfites peuvent aussi être mélangés avec le thiosulfate seul :

(6) $$(NH^4)^2S^2O^3 + (NH^4)^2SO^3 + 10NH^4HSO^3 = 7(NH^4)^2SO^4 + H^2SO^4 + 5S + 4H^2O;$$
(7) $$(NH^4)^2S^2O^3 + 2NH^4HSO^3 = 2(NH^4)^2SO^4 + 2S + H^2O.$$

Dans tous ces mélanges il est inutile d'observer une proportion définie entre les différents sels; il suffit qu'il y ait assez d'oxygène combiné avec le soufre, donc au moins 1^{mol} d'oxygène pour 1^{mol} d'ammoniaque (sulfate neutre) : sans cela il y aurait formation de sulfure ou polysulfures.

Il résulte de nos essais que :

Le chauffage sous pression est susceptible d'effectuer d'une façon générale la transformation technique rapide et complète en sulfates (acide ou neutre) et en soufre, des polythionates d'ammonium seuls ou mélangés en proportion variable avec du thiosulfate ou des sulfites ou avec les deux sels; il en est de même pour le mélange des sulfites avec le thiosulfate seul.

De semblables mélanges de composition variée se forment par le lavage avec des solutions contenant du gaz sulfureux, des gaz d'une teneur en ammoniaque et hydrogène sulfuré en toute proportion, comme cela peut se présenter dans le gaz de distillation du charbon ou en lavant ainsi ce gaz de la teneur normale $1^{mol}\,H^2S$: $2^{mol}\,NH^3$, mais non refroidis à fond, ce qui produit une décomposition partielle des thionates et la formation de sulfites.

Le chauffage sous pression des thionates d'ammonium évite la perte d'ammoniaque, provoque la fusion du soufre et sa séparation facile de la solution et rend la transformation des sels indépendante de leur composition et de leur teneur en sulfites et, partant, de la composition et du degré de refroidissement du gaz à laver. La possibilité d'y produire de l'acide sulfurique libre présente l'avantage d'*hydrolyser en même temps le sulfocyanure d'ammonium*. Cet acide peut également servir à la récupération facile des dernières traces de l'ammoniaque du gaz.

Ce sulfocyanure prend naissance lorsqu'on effectue le lavage du gaz avec des thionates en solution ammoniacale. Son hydrolyse par l'acide sulfurique se fait d'après l'équation connue

(8) $$3NH^4CNS + 2H^2O + 4H^2SO^4 = 3(NH^4)^2SO^4 + 3CO^2 + 4S.$$

En produisant l'acide sulfurique par les thionates, on obtient :

$$(9)\quad 4(NH^4)^2S^4O^6 + 4(NH^4)^2S^2O^3 + NH^4CNS + 2H^2O = 9(NH^4)^2SO^4 + 3CO^2 + 16S.$$

D'après les proportions admises dans cette équation, on obtiendrait donc avec 1^{mol} de cyanogène la moitié de 1^{mol} de sulfate d'ammoniaque supplémentaire sur 9, ou 1^{mol} sur 18^{mol} de sulfate. Ce gain en sulfate est un minimum même pour le gaz des cokeries et peut atteindre le triple en épurant de la façon indiquée le gaz d'éclairage.

La transformation est quantitative à la température d'environ 180°, pour laquelle la formation d'acide sulfurique est également quantitative.

En abolissant la nécessité, à laquelle avait échoué le procédé Feld, que la proportion de l'ammoniaque et de l'hydrogène sulfuré contenus dans le gaz de houille soit de 2/1 (*Raschig*, *Angewandte*, 33, 1920, p. 260), le chauffage sous pression permet la solution d'un des plus importants problèmes de l'industrie gazière, celui de la récupération de l'hydrogène sulfuré (actuellement presque entièrement brûlé au préjudice de l'hygiène publique), avec fabrication simultanée du sulfate d'ammoniaque sans acide sulfurique et utilisation du cyanogène.

En préparant l'acide sulfurique avec des pyrites, on peut produire la double quantité du soufre contenu dans le gaz et couvrir presque totalement nos besoins en soufre.

CHIMIE MINÉRALE. — *Changement de constitution de l'orthophosphate tricalcique après fusion.* Note de MM. **A. Travers** et **Bauer**, présentée par M. Matignon.

La solubilité de l'orthophosphate tricalcique dans le réactif acide citrique à 2 pour 100 décroît quand on fait cuire préalablement ce sel à température croissante, et devient très faible, par exemple après cuisson à 1650° C. Après fusion [1], au contraire, et broyage, on obtient une solubilité considérable : en prenant les grains passant au tamis 240 et refusés au tamis 280, et agitant 45 minutes avec le réactif indiqué, on obtient un pourcentage de P^2O^5 soluble dépassant 80 pour 100.

---

[1] La fusion est effectuée au chalumeau oxhydrique, après compression préalable de la poudre de $(PO^4)^2Ca^3$ en pastilles. On évite ainsi toute réaction étrangère due à l'attaque du creuset.

Ce changement de réactivité s'explique par un changement de constitution. Signalons, comme autre exemple frappant, l'attaque facile, par l'acide chlorhydrique, de l'émeraude, *après fusion*, alors que tous les acides, sauf FH, sont sans action sur la poudre non chauffée. Le complexe $6SiO^2.Al^2O^3.3GlO$ se scinde à la fusion en aluminate de glucine et silice.

Dans le cas de l'orthophosphate tricalcique, on obtient : du phosphate tétracalcique, du *métaphosphate* insoluble, de la chaux libre, et il reste de l'orthophosphate tricalcique.

a. Nous n'avons pu caractériser le premier sel que par la perte d'une fraction de P^2O^5 total, correspondant à la réaction

$$4[P^2O^5.3CaO] \rightarrow 3[P^2O^5.4CaO] + P^2O^5 \nearrow$$

cette fraction était, dans nos expériences, de 1,2 pour 100.

b. La chaux libre a été caractérisée par de nombreux procédés ; en particulier, l'épuisement à l'eau froide donne une solution renfermant des traces de P^2O^5, et, au contraire, riche en chaux.

Celle-ci peut être dosée : α. soit par traitement du sel obtenu après fusion par une solution de $ClNH^4$ dans l'alcool absolu : on titre NH^3 dégagé ; β. soit par le procédé de Tananaeff et Külberg (¹), indiqué récemment pour la recherche de la chaux libre dans les ciments.

Nous avons trouvé la moyenne 3,36 pour 100 CaO libre.

c. Le *métaphosphate* a été séparé de l'orthophosphate tri et tétracalcique par précipitation de ces derniers sous forme de PO^4ZnNH^4 par addition de SO^4Zn, en milieu de pH voisin de 7 ; en ajoutant 10 pour 100 de $ClNH^4$, on empêche complètement la précipitation du métaphosphate de zinc.

Nous avons trouvé :

P^2O^5 (sous forme de métaphosphate) : 4,2 pour 100, soit le chiffre presque théorique correspondant à la chaux libre.

d. L'orthophosphate tricalcique est reconnaissable à sa transformation en PO^4Ag^3, jaune : il suffit de pulvériser dans un mortier un peu du sel fondu avec quelques cristaux de NO^3Ag.

Le phosphate tétracalcique est connu comme très soluble dans l'acide citrique à 2 pour 100 (²) (Dieckmann et Houdremont); la chaux est très facilement attaquée; comme elle se trouve en émulsion dans le produit

(¹) *Z. analyt. Chem.*, 5-6, 1932, p. 179.

(²) *Z. anorg. Chem.*, 120, 1921, p. 129 à 149.

fondu l'attaque du squelette restant d'orthophosphate tricalcique est rendue plus facile, de même que celle du métaphosphate de chaux, qui, seul, s'attaque difficilement par le réactif utilisé. Il est possible que la réactivité des scories de déphosphoration, plus grande que celle des phosphates naturels, soit due — en partie du moins — à la transformation de l'orthophosphate *à la fusion*.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Stabilité comparée des isomères suivant leurs spectres d'absorption. Isomérisation des arylamines.* Note (¹) de Mme **Ramart-Lucas** et Mlle **Wohl**, présentée par M. Georges Urbain.

Une série d'observations sur la stabilité comparée d'isomères transformables l'un dans l'autre par la chaleur, en relation avec leur absorption dans l'ultraviolet, a conduit l'une de nous (²) à un énoncé d'après lequel « quand deux substances A et A′ peuvent se transformer l'une dans l'autre, la vitesse de transformation sera plus grande dans le sens A → A′ si, pour un même coefficient d'absorption, la première branche ascendante de la courbe d'absorption de A′ est située plus près du visible que celle de A ». Cet énoncé, qui s'est trouvé vérifié dans tous les cas jusqu'ici étudiés, et qui de plus a permis de prévoir des transpositions non encore signalées, n'avait pas été soumis au contrôle expérimental en ce qui regarde les transpositions des dérivés aminés aromatiques.

On sait que les dérivés substitués des amines aromatiques sont susceptibles de subir des transpositions intramoléculaires : un H du noyau aromatique permute avec l'un des radicaux fixés sur l'azote et il se fait des dérivés substitués sur le noyau. C'est ainsi que les sels d'arylamines secondaires, tertiaires et d'ammonium quaternaires sont transformés par la chaleur en amines substituées sur le radical aromatique

$$\mathrm{Ar.NH.R} \rightarrow \mathrm{R.Ar'.NH^2} \qquad (\mathrm{R} = \text{alcoyle, OH, } \mathrm{NH^2}, \mathrm{Ar''NH}, \mathrm{Ar''N = N}, \text{ etc.}).$$

Nous avons étudié les transformations :

diméthylaniline → toluidine → xylidine.

Le contrôle expérimental de la règle précédente, en ce qui regarde ces

(¹) Séance du 29 mai 1933.

(²) Mme Ramart-Lucas, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1301.

transpositions, exigeait la connaissance de l'absorption des amines et de leurs sels. Nous avons effectué ces mesures, apportant ainsi une contribution à la connaissance de l'absorption d'une classe de corps dont l'étude spectrale est particulièrement intéressante par suite du changement de couleur que subissent ces amines quand on les dissout dans divers solvants ou bien suivant qu'on étudie l'absorption des bases ou celle des sels.

L'étude qualitative de l'absorption des anilines, toluidines, xylidines

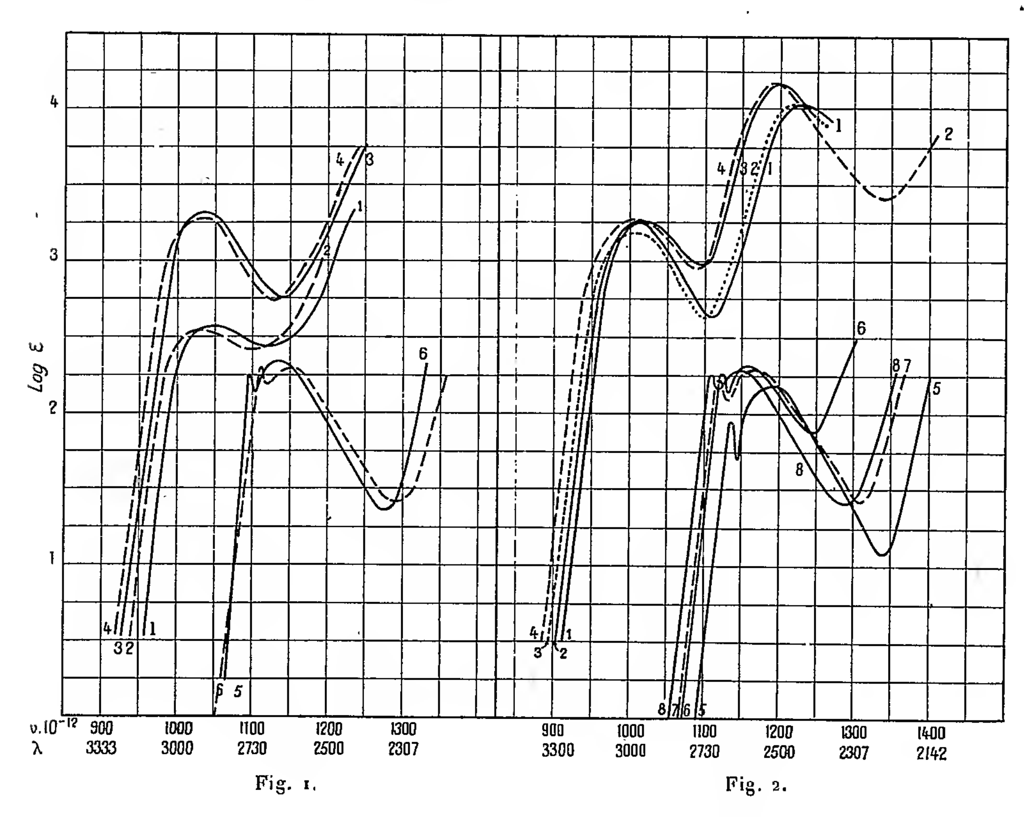


Fig. 1. Fig. 2.

a déjà été faite, mais, à notre connaissance, la mesure des coefficients d'absorption n'avait été effectuée que sur l'aniline et la paratoluidine.

Si l'on examine le spectre des bases, on constate que le noyau aromatique et le groupe amine s'influencent fortement : la position et l'intensité d'absorption des bandes de ces amines sont très différentes de celles des carbures correspondants. Dans la figure 1 sont tracées les courbes de la méthyl-*o*-toluidine dans l'hexane (1); dans l'alcool (2); de la 1.2.4-xylidine dans l'hexane (3); dans l'alcool (4); du toluène (5) et du métaxylène (6). On voit que les bandes d'absorption de la solution alcoolique de ces bases

se trouvent plus proches du visible que celles des solutions hexaniques. Dans la figure 2 se trouvent les courbes de la diméthylaniline dans l'hexane (1); dans l'alcool (2); de la méthyl-*p*-toluidine dans l'hexane (3); dans l'alcool (4).

Par contre, la bande la plus proche du visible pour chacun des chlorhydrates en milieu fortement acide (HCl, N/2) diffère peu de celle du carbure correspondant ainsi qu'on le voit sur la figure 1 où se trouvent les courbes du métaxylène (6) et du chlorhydrate de xylidine (5) (si l'on n'effectue pas ces mesures sur des solutions fortement acides, on constate que le sel est en partie dissocié).

En ce qui concerne les relations entre la stabilité comparée des isomères et leur absorption, on observe que les courbes d'absorption des bases, quel que soit le solvant, se succèdent vers le visible dans l'ordre : méthylorthotoluidine, *i*-2.4-xylidine, diméthylaniline, méthyl-*p*-toluidine. En sorte que si c'était sous forme de base que les amines subissaient la transformation intramoléculaire, la règle ne se vérifierait pas.

Mais si d'autre part on étudie l'absorption des sels, on voit que si les courbes de ces derniers chlorhydrates se succèdent vers le visible dans l'ordre : diméthylaniline (*fig.* 2, courbe 5), méthylorthotoluidine (*fig.* 2, courbe 6), méthylparatoluidine (*fig.* 2, courbe 7) (ces deux dernières courbes occupent les mêmes positions en ce qui regarde la partie la plus proche du visible). 1.2.4-xylidine (*fig.* 2, courbe 8).

En définitive, *la règle se vérifie, car précisément ce sont les sels et non les bases qui subissent les transformations intramoléculaires.*

En résumé, la règle concernant les relations entre la stabilité comparée des isomères susceptibles de se transformer l'un dans l'autre par la chaleur et la position de leurs bandes d'absorption dans l'ultraviolet se vérifie dans le cas des transpositions que subissent par la chaleur les sels des arylamines secondaires, tertiaires et d'ammonium quaternaires.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les mobilités des radicaux alcoyles dans leurs chlorosulfites.* Note de M. **P. Carré**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons déjà montré [1] que la détermination des températures de décomposition des chlorosulfites formés par la réaction de proportions équi-

[1] Carré, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1835.

moléculaires de chlorure de thionyle, de pyridine et d'un alcool, fournit une méthode simple et rapide pour la comparaison des mobilités des radicaux organiques.

La décomposition des chlorosulfites d'alcoyle, R.OSOCl, qui a lieu avec dégagement de gaz sulfureux SO^2 et production de chlorure d'alcoyle RCl, permet de ranger les radicaux R par ordre d'électropositivité relativement au chlore négatif. On peut admettre en effet que la décomposition du chlorosulfite est d'autant plus facile que le radical qui migre sur le chlore est plus positif.

Nous nous sommes proposé de rechercher si l'introduction d'éléments ou de groupements négatifs dans un radical positif diminuerait la mobilité du radical par suite de l'affaiblissement de son caractère positif. A cet effet, nous avons déterminé les températures de décomposition d'un certain nombre de chlorosulfites d'alcoyles contenant l'un des substituants Cl, Br, CO^2R ou C^6H^5, afin de les comparer avec les températures de décomposition des chlorosulfites d'alcoyles non substitués correspondants.

Ces températures de décomposition sont rassemblées dans le tableau suivant :

Nature de l'alcool transformé en chlorosulfite R.OSOCl.	Nature du radical R du chlorure RCl formé par décomposition du chlorosulfite.	Température de décomposition du chlorosulfite en présence de pyridine.
Éthylique	CH^3-CH^2	18°
α-Chloréthylique	$CH^2Cl.CH^2$	49-50
Isopropylique	$(CH^3)^2CH$	24
α.α'-Dichloroisopropylique	$(CH^2Cl)^2CH$	70
α.α'-Dibromoisopropylique	$(CH^2Br)^2CH$	59
Lactate d'éthyle	$(CH^3)(C^2H^5CO^2)CH$	36
Lactate de *n*-butyle	$(CH^3)(C^4H^9CO^2)CH$	45
Butylique sec	$(CH^3)(C^2H^5)CH$	26
Malate d'éthyle	$(C^2H^5.CO^2)(C^2H^5CO^2.CH^2)CH$	35
Méthylique	CH^3	−5
Benzylique	$C^6H^5.CH^2$	34
Benzhydrol	$(C^6H^5)^2CH$	71
Benzoïne	$(C^6H^5)(C^6H^5.CO)CH$	83
Phényléthylique	$C^6H^5.CH^2.CH^2$	66
n-Propylique	$CH^3.CH^2.CH^2$	34-35
Phénylpropylique	$C^6H^5.CH^2.CH^2.CH^2$	70
Allylique	$CH^2=CH.CH^2$	9-10
Cinnamique	$C^6H^5.CH=CH.CH^2$	68

On doit remarquer que, dans ces déterminations, l'alcool benzylique se comporte de façon particulière. Par l'action du chlorure de thionyle, l'alcool benzylique pur est transformé quantitativement en chlorure de benzyle sans formation intermédiaire de chlorosulfite. Si la réaction est effectuée en présence d'une quantité équimoléculaire de pyridine, il se forme une très faible quantité de chlorosulfite et l'on obtient encore du chlorure de benzyle avec un rendement de 90 à 95 pour 100 de la théorie. La réaction qui donne naissance au chlorure de benzyle étant prépondérante, il faut éviter de confondre la température de cette réaction avec la température de décomposition du chlorosulfite; le dégagement du gaz sulfureux résultant de la formation directe du chlorure de benzyle se produit au-dessous de — 10°; tandis que le dégagement de gaz sulfureux provenant de la décomposition du chlorosulfite en présence de pyridine ne commence qu'a 34° : Des remarques analogues doivent être faites pour l'alcool allylique.

La comparaison des températures de décomposition des chlorosulfites d'éthyle et d'α-chloréthyle, ainsi que des chlorosulfites d'isopropyle et d'α.α′-dichloroisopropyle, montre que l'introduction du chlore négatif dans un radical positif diminue l'aptitude migratrice de ce radical sur le chlore négatif. La température de décomposition du chlorosulfite d'α.α′-dibromoisopropyle, qui est intermédiaire entre les températures de décomposition des chlorosulfites d'isopropyle et d'α.α′-dichloroisopropyle, indique que l'influence du brome sur la diminution de mobilité du radical isopropyle est inférieure à celle du chlore, en accord avec ce fait que le caractère négatif du chlore est plus prononcé que celui du brome.

Le remplacement de CH^3 par CO^2R produit également une diminution de la mobilité. Les températures de décomposition des chlorosulfites d'éthers lactiques sont plus élevées que celles du chlorosulfite d'isopropyle, et la température de décomposition du chlorosulfite d'éther malique est supérieure à celle du chlorosulfite de butyle secondaire; on remarque en outre, dans le cas des éthers lactiques, que la diminution de mobilité due au remplacement de CH^3 par CO^2R est plus prononcée pour $R = C^4H^9$ que pour $R = C^2H^5$, le caractère négatif de CO^2R se trouvant diminué plus fortement par C^2H^5 qui est plus positif que C^4H^9.

Si l'on compare les radicaux, méthyle avec benzyle et benzhydryle, éthyle avec phényléthyle, allyle avec cinnamyle, on voit que la substitution de C^6H^5 à H dans une chaîne aliphatique diminue la mobilité du radical alcoyle, ce qui est en accord avec les résultats précédents si l'on admet le caractère négatif du groupe phényle.

La température de décomposition du chlorosulfite correspondant à la benzoïne, qui est la plus élevée de celles trouvées ci-dessus, vient aussi

confirmer l'influence des groupements négatifs sur la diminution de mobilité d'un radical positif.

En résumé, l'introduction d'un élément ou d'un groupement négatif dans un radical alcoyle positif vient diminuer l'aptitude migratrice de ce groupement sur le chlore négatif.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques combinaisons nouvelles de l'hexaméthylènetétramine.* Note de MM. **L. Debucquet** et **L. Velluz**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons obtenu quelques combinaisons de l'hexaméthylènetétramine avec les chromates, bichromates, ferri et ferrocyanures calciques et magnésiens, non encore décrites à notre connaissance et dont certaines peuvent donner lieu à des applications micro-analytiques.

Ces combinaisons nouvelles sont les suivantes :

1° Chromate et bichromates. — Obtenus par mélange de solutions aqueuses de chromate ou bichromate alcalins, d'un sel soluble de calcium ou de magnésium et d'hexaméthylènetétramine, dans certaines conditions de concentration et de température.

a. Chromate de magnésium et d'hexaméthylènetétramine :

$$[CrO^4Mg]^2,\ 3(CH^2)^6N^4,\ 15H^2O, \qquad PM = 1096,66.$$

Cristaux aciculaires d'un beau jaune citron. Solubles dans l'eau.

Analyse. — Calculé pour 100 : Cr, 9,49; Mg, 4,44; N, 15,31. Trouvé pour 100 : Cr, 9,51; Mg, 4,44; N, 15,54.

b. Bichromate de magnésium et d'hexaméthylènetétramine :

$$Cr^2O^7Mg,\ 2(CH^2)^6N^4,\ 5H^2O, \qquad PM = 610,34.$$

Longs cristaux aciculaires, rouge grenat à reflets mordorés. Propriétés voisines des précédentes. Altérables à la longue sous l'influence de l'air et de la lumière.

Analyse. — Calculé pour 100 : Cr, 17,04; Mg, 3,98; N, 18,35. Trouvé pour 100 : Cr, 16,99; Mg, 3,92; N, 18,06.

c. Bichromate de calcium et d'hexaméthylènetétramine :

$$Cr^2O^7Ca,\ 2(CH^2)^6N^4,\ 7H^2O, \qquad PM = 652,10.$$

Gros cristaux aciculaires, rouge brique. Mêmes propriétés. Partiellement décomposés par l'eau bouillante.

Analyse. — Calculé pour 100 : Cr, 15,95; Ca, 6,15; N, 17,17. Trouvé pour 100 : Cr, 15,73; Ca, 6,13; N, 17,33.

2° Ferricyanure et ferrocyanure. — Le mélange direct de solutions aqueuses de ferricyanure ou de ferrocyanure alcalins, d'un sel de calcium ou de magnésium et d'hexaméthylènetétramine, conduit aux combinaisons calciques ou magnésiennes déjà décrites par Barbieri [1] : $Fe(CN)^6CaK$, $2(CH^2)^6N^4 6H^2O$, $Fe(CN)^6CaK^2$, $(CH^2)^6N^4$, $6H^2O$, etc.

Les combinaisons que nous avons obtenues sont mixtes, à la fois calciques et magnésiennes. On ne peut les préparer qu'à partir des complexes calciques de Barbieri.

a. Ferricyanure de magnésium, calcium et hexaméthylènetétramine :

$$[Fe(CN)^6]^2 Mg^2Ca, 4(CH^2)^6N^4, 24H^2O. \qquad PM = 1504,40.$$

Poudre microcristalline jaune. Assez soluble dans l'eau. Pratiquement insoluble dans les solutions concentrées d'hexaméthylènetétramine.

Analyse. — Calculé pour 100 : Fe, 7,42; Mg, 3,23; Ca, 2,66; N, 26,05. Trouvé pour 100 : Fe, 7,54 ; Mg, 3,26 ; Ca, 2,59; N, 25,70.

b. Ferrocyanure triple de magnésium, calcium et hexaméthylènetétramine :

$$[Fe(CN)^6 MgCa]^3 4(CH^2)^6N^4, 40H^2O. \qquad PM = 2108,72.$$

Poudre microcristalline très faiblement colorée en jaune. Altérable à l'air et à la lumière en se colorant en jaune franc. Assez soluble dans l'eau. Pratiquement insoluble dans les solutions concentrées d'hexaméthylènetétramine.

Analyse. — Calculé pour 100 : Fe, 7,94; Mg, 3,51; Ca, 5,70; N, 22,57. Trouvé pour 100 : Fe, 8,08; Mg, 3,44; Ca, 5,41; N, 22,61.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la caractérisation des acides gras élevés sous forme de mono-uréides.* Note de M. **Nils Stendal**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Au cours d'un travail sur la matière grasse du bacille tuberculeux, j'ai été amené à préparer un certain nombre de dérivés d'acides gras afin de les caractériser.

Les dérivés azotés sont à cet égard particulièrement intéressants. Ils cristallisent souvent bien, et un simple dosage d'azote par la méthode de Dumas permet d'établir le poids moléculaire avec une grande précision.

Les amides simples ou substituées préparées en passant par les chlorures d'acides ont l'inconvénient d'être difficilement saponifiables, et le rendement dépasse rarement 50 pour 100.

(1) *Gazz. Chim. ital.*, 60, 1930, p. 229-243.

Or le rendement et la possibilité de récupération de l'acide sont à prendre en considération dans de nombreux cas, surtout lorsque la matière première est rare.

J'ai alors cherché à obtenir les uréides des acides gras supérieurs qui, à de rares exceptions près ([1]), n'avaient pas encore été préparés. La méthode classique consistant à faire agir à chaud le chlorure d'acide sur l'urée a vite été abandonnée. Les rendements sont en effet mauvais, particulièrement dans le cas des acides liquides, et les uréides d'acides-alcool sont inaccessibles par ce procédé.

M'inspirant de la préparation des barbituriques et de composés voisins, j'ai essayé de condenser les esters éthyliques avec l'urée en présence d'éthylate de sodium et d'alcool absolu.

A chaud la réaction donne de mauvais résultats : on obtient, à côté de l'uréide, une forte quantité d'amide, une partie de l'urée se transformant en isocyanate avec mise en liberté d'ammoniaque.

A froid il ne se forme plus d'amide, et, si l'alcool est bien absolu et l'éthylate de sodium pur, on obtient uniquement l'uréide plus ou moins souillé d'ester éthylique n'ayant pas réagi. Pour avoir un bon rendement, il faut opérer en présence d'une solution alcoolique concentrée d'éthylate de sodium. Dans le but d'éviter la cristallisation de l'éthylate et permettre plus aisément la dissolution de l'urée, j'avais ajouté une certaine quantité de *pyridine anhydre*. Il m'est alors apparu que cette substance agissait comme un catalyseur, ainsi que le montre l'expérience suivante :

On fait dissoudre $0^g,60$ d'urée finement pulvérisée dans un mélange de 15^{cm^3} d'éthylate de sodium alcoolique à 8 pour 100 de sodium et de 15^{cm^3} de pyridine, puis on ajoute 2^g de stéarate d'éthyle. Dans une deuxième expérience, les 15^{cm^3} de pyridine sont remplacés par 15^{cm^3} d'alcool absolu.

Après 12 heures de contact, on verse dans de l'eau contenant un léger excès d'acide acétique. Dans le premier cas, on obtient un précipité blanc, pulvérulent qui, recueilli sur un filtre plissé, lavé à l'eau et séché dans le vide, donne, par cristallisation dans l'alcool, 58 pour 100 d'uréide. Par contre, la réaction effectuée sans pyridine n'en donne qu'une trace, le précipité obtenu étant presque uniquement constitué par du stéarate d'éthyle non attaqué.

Cette action de la pyridine a été vérifiée dans plusieurs cas et apparaît comme générale.

([1]) M. TIFFENEAU et A. ARDELY, *Bull. Sc. Pharm.*, **28**, 1921, p. 155-160.

En augmentant la concentration en éthylate de sodium ainsi que le temps de la réaction, le rendement atteint 90 pour 100 par rapport à l'ester éthylique. L'expérience est conduite de la façon suivante pour la préparation du mono-uréide octodécanoïque (stéarique) : $C^{19}H^{38}O^2N^2$.

Technique. — A 22^{cm^3} d'une solution d'éthylate de sodium alcoolique à 25 pour 100 on ajoute 7^{cm^3} de pyridine, $1^g,20$ d'urée sèche très finement pulvérisée et, après dissolution de l'urée, 4^g de stéarate d'éthyle (1). Après 24 heures, le mélange, versé dans de l'eau acétique, donne un précipité pulvérulent qui est lavé à l'eau et séché dans le vide. Le produit sec, repris par l'alcool chaud, donne après refroidissement $3^g,70$ d'uréide stéarique. Les eaux mères, concentrées à faible volume, puis abandonnées à l'évaporation, donnent de très beaux cristaux de stéarate d'éthyle fondant à 35°.

L'uréide ainsi obtenu est formé de lamelles allongées fondant à + 176°,8, presque insolubles dans l'alcool froid, peu solubles à chaud, plus solubles dans la pyridine.

Analyse. — Substance : $4^{mg},03$; CO^2, $10^{mg},49$; H^2O, $4^{mg},26$. Substance : $4^{mg},525$; N, à 709^{mm} et à 18°, $0^{cm^3},3631$. Calculé pour $C^{19}H^{38}O^2N^2$: C, 69,85 %; H, 11,77 %; N, 8,58 %. Trouvé : C, 70,79 %; H, 11,85 %; N, 8,59 %.

L'uréide docosénoïque 13.14 (érucique) préparé de la même façon cristallise de l'alcool en aiguilles groupées fondant à + 161°,5.

Analyse. — Substance, $4^{mg},07$; CO^2, $10^{mg},88$; H^2O, $4^{mg}23$. Substance : $4^{mg}58$; N à 709^{mm} et à 18°, $0^{cm^3},3141$. Calculé pour $C^{23}H^{44}O^2N^2$: C, 72,55 %; H, 11,68 %; N, 7,36 %. Trouvé : C, 72,29 %; H, 11,65 %; N, 7,35 %.

Nous avons préparé de la même façon les mono-uréides : octanoïque (caprylique), P. F. + 191°,3; décanoïque (caprique), P. F. + 187°; eicosanoïque (arachidique), P. F. + 172°; oléique, P. F. + 161° et undécénoïque, P. F. + 175°.

Ces dérivés se saponifient très facilement par chauffage avec la potasse alcoolique à 10 pour 100. La réaction est finie en 5 à 6 minutes, aussitôt après dissolution de l'uréide.

En résumé, nous avons établi une technique de préparation des mono-uréides d'acides gras supérieurs. Ces dérivés sont intéressants du fait de leur forte teneur en azote permettant de fixer leur poids moléculaire par dosage de cet élément, et ils permettent une récupération facile et quantitative de l'acide gras mis en œuvre.

---

(1) Préparé suivant la méthode de Haller (*Comptes rendus*, 143, 1906, p. 657).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Les sels alcalins de l'orthooxyquinoléine.* Note de MM. **Pierre Süe** et **Georges Wétroff**, présentée par M. C. Matignon.

L'orthooxyquinoléine a la propriété de former de nombreux composés insolubles, couramment utilisés en analyse. Nous en avons fait usage récemment [1] pour doser le niobium, et dans le but de l'utiliser éventuellement pour l'analyse des métaux alcalins, nous avons préparé les sels non isolés de lithium, de sodium, de potassium et d'ammonium.

Sel de lithium. — Ce sel s'obtient très facilement en mélangeant une solution saturée et chaude d'orthooxyquinoléine dans la potasse avec un sel de lithium; le composé est jaune pâle et microcristallin. Les meilleures proportions pour la préparation sont : une molécule d'orthooxyquinoléine, une molécule de chlorure de lithium et deux molécules de potasse. La précipitation à partir d'une solution d'orthooxyquinoléine dans l'ammoniaque donne une quantité de sel plus faible.

On purifie le produit par lavage avec un peu d'eau et cristallisation dans l'alcool, on termine par un essorage suivi d'un dernier lavage à l'éther. Il éprouve une légère décomposition à partir de 125°, aussi le produit utilisé pour l'analyse fut séché à 100° jusqu'à poids constant.

Le sel obtenu est rapidement soluble à froid dans l'eau, l'acide chlorhydrique dilué (1/20e), l'acide sulfurique (1/10e), l'ammoniaque, la potasse, l'alcool, l'acétone et l'alcool amylique. L'éther, le chloroforme, le benzène et le toluène ne le dissolvent pas.

Pour son analyse nous avons dosé le lithium à l'état de sulfate et l'orthooxyquinoléine suivant la méthode habituelle [2], qui a donné :

Lithium pour 100 : 4,4 et 4,45; orthooxyquinoléine pour 100, 94,9 et 94,2; calculé pour C^9H^6ONLi : 4,6; 95,4.

La détermination du métal alcalin a été effectuée également par un dosage acidimétrique en retour, ce procédé rapide est presque aussi précis que le dosage pondéral. Pour une molécule d'orthooxyquinoléine on trouve dans deux essais 0,8 molécule et 0,9 molécule de lithium.

Ces résultats s'accordent avec la formule C^9H^6ONLi.

Sel de sodium. — Pour le préparer on dissout simplement à chaud l'ortho-

---

(1) Pierre Süe, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1022.

(2) Berg, *Pharmaz. Zeit.*, 71, 1927, p. 1542, et 74, 1924, p. 1364.

oxyquinoléine dans la soude, il se forme par refroidissement des cristaux jaune vert à aspect soyeux.

Pour une molécule d'orthooxyquinoléine on emploie environ 2,5 molécules de soude. Cet excès est nécessaire car le sel est beaucoup moins soluble dans une solution fortement alcaline.

Après purification dans l'alcool, il a donné à l'analyse :

Sodium pour 100 : 14,9, 14,8, 14,75; orthooxyquinoléine pour 100 : 83,7 et 83; calculé pour C^9H^6ONNa : 13,77; 86,23.

Les résultats un peu faibles pour l'orthooxyquinoléine paraissent dus à une légère décomposition du produit qui rougit superficiellement.

Les analyses correspondent sensiblement à la formule C^9H^6ONNa.

Ce sel est rapidement soluble à froid dans l'eau, l'ammoniaque concentrée, la soude diluée (1/20), l'acide chlorhydrique, l'acide sulfurique, l'alcool et dans l'alcool amylique à chaud. Il est insoluble dans l'alcool concentré, l'éther, le chloroforme, le benzène et le toluène.

Sel de potassium. — La préparation est identique à celle du composé sodique et il se forme de beaux cristaux soyeux jaune blanchâtre, il faut employer 5 molécules de potasse pour une molécule d'orthooxyquinoléine.

Ce sel se décompose par séchage même à 50°, et en même temps passe du jaune pâle au gris foncé. L'analyse par la méthode volumétrique nous a donné les nombres suivants de molécules de potassium pour une molécule d'orthooxyquinoléine : 1,8, 1,9 et 1,7. A une molécule d'orthooxyquinoléine correspond donc deux molécules de potassium. La formule du composé peut être représentée par $C^9H^6ONK + KOH$, en ne tenant pas compte de l'eau.

Sel d'ammonium. — Un courant de gaz ammoniac produit dans une solution acétonique d'orthooxyquinoléine presque aussitôt l'apparition d'un corps jaune citron cristallisé, qu'on purifie par un lavage à l'acétone. Ce corps est extrêmement instable. Le dosage volumétrique de l'ammonium et de l'orthooxyquinoléine donne pour une molécule d'orthooxyquinoléine 1,94 molécule d'ammonium; le produit étalé pendant 3 minutes sur un verre de montre ne contient plus que 0,53 molécule d'ammonium; après 3 heures d'exposition à l'air, l'ammoniac a complètement disparu.

Le sel correspond donc à deux molécules d'ammonium pour une molécule d'orthooxyquinoléine. La formule probable qui traduit le plus simplement ce rapport est : $C^9H^6ONNH^4 + NH^3$.

En résumé, nous avons préparé quatre sels alcalins de l'orthooxyquinoléine. Ceux de lithium et de sodium sont stables, celui de potassium l'est

déjà beaucoup moins; quant au dérivé ammonique, il est particulièrement instable et se décompose immédiatement à l'air.

Tous ces composés, très bien cristallisés, sont trop solubles pour pouvoir être utilisés en analyse.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Absorption dans l'ultraviolet de quelques acides β-arylacryliques et de leurs dérivés.* Note (1) de Mlle **R. Mendes da Costa**, présentée par M. Delépine.

Afin d'apporter une contribution à l'étude des relations entre l'absorption et la réactivité chimique des molécules, j'ai préparé à l'état aussi pur que possible un certain nombre d'acides, amides, nitriles, éther-sels, β-anisyl- et β-pipéronylacryliques et de leurs dérivés α- et β-méthylés sur la chaîne.

Une étude semblable avait déjà été effectuée par Mme Ramart-Lucas et M. Trivédi (2) dans la série β-phénylacrylique. Ces auteurs ont constaté que l'introduction sur la chaîne de groupes méthyles, pourtant incolores dans l'ultraviolet moyen et n'ayant qu'une faible activité chimique, change à la fois la couleur de la molécule et la réactivité des fonctions acide, éther-sel, amide, nitrile.

Ceci ce conçoit aisément si l'on considère que la couleur d'une molécule possédant plusieurs chromophores liés directement A, B, C, D dépend à la fois de la nature de ce chromophore et de leur influence mutuelle. En sorte que si l'on modifie l'un d'eux, A par exemple, en le transformant en A′, l'influence mutuelle de A′ et B étant différente de celle de A et B, les couleurs des deux molécules seront différentes ainsi que la réactivité chimique de leurs groupements fonctionnels.

Dans la figure 1 j'ai tracé les courbes d'absorption des acides : β-anisylacrylique (courbe 1), α-méthyl-β-anisylacrylique (courbe 2), β-méthyl-β-anisylacrylique (courbe 3), α, β-diméthyl-β-anisylacrylique (courbe 4), et dans la figure 2 celles des acides β-pipéronylacrylique (courbe 1), α-méthyl-β-pipéronylacrylique (courbe 2), β-méthyl-β-pipéronylacrylique (courbe 3), α, β-diméthyl-β-pipéronylacrylique (courbe 4).

L'examen des deux figures montre qu'en passant d'un acide donné à chaîne linéaire à l'acide méthylé en α vis-à-vis du carboxyle, puis à l'acide

(1) Séance du 29 mai 1933.

(2) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 783 ; *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 53, 1933, p. 178.

β-méthylé et enfin à l'acide diméthylé, les courbes se déplacent vers l'ultraviolet et l'intensité d'absorption des bandes diminue.

D'autre part, en étudiant systématiquement l'absorption des acides, amides, éthers éthyliques, j'ai constaté que la nature du groupement fonctionnel changeait peu le spectre d'absorption dans le cas des chaînes

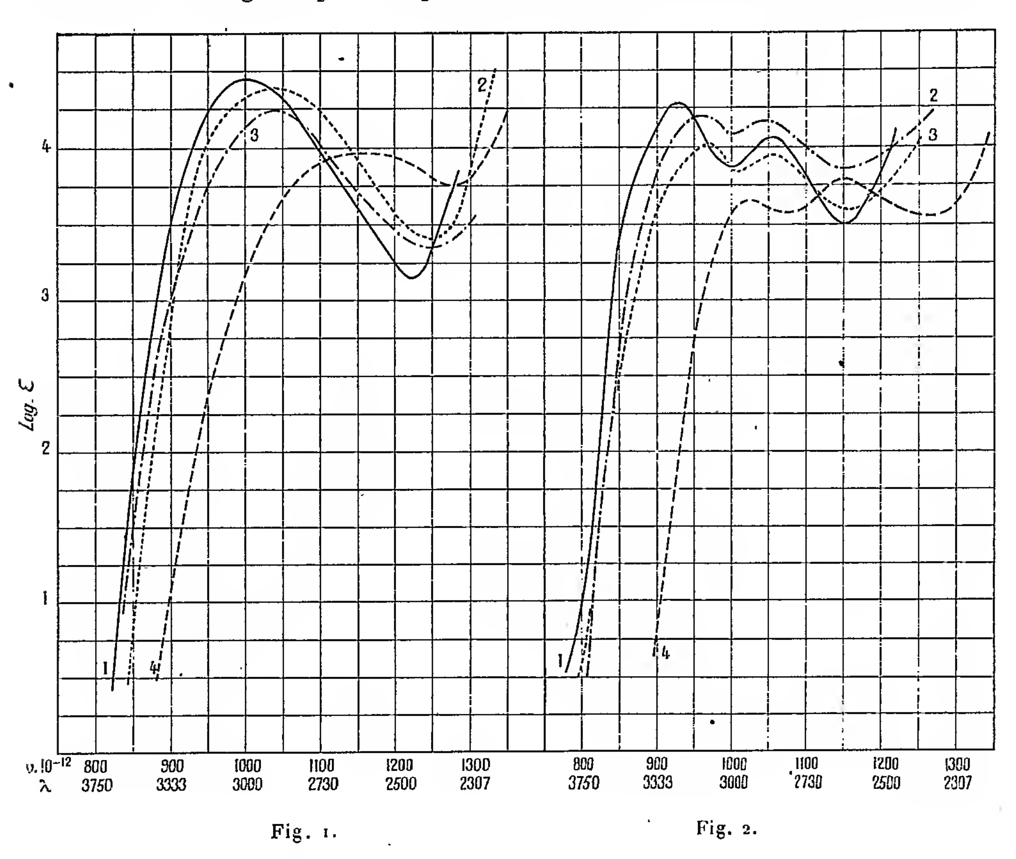


Fig. 1. Fig. 2.

linéaires ou β substituées. Au contraire, dans le cas des chaînes substituées en α, les amides sont sensiblement plus transparentes que les acides.

J'ai obtenu les éthers non substitués et α substitués en utilisant la réaction de Claisen, modifiée par Reychler (¹) qui consiste à condenser à froid les aldéhydes $ArCHO(Ar = CH^3O.C^6H^4—$ ou $CH^2O^2.C^6H^3—)$ avec $R.CH^2.CO^2C^2H^5(R = H$ ou $CH^3)$ par le sodium en grains. Les rendements étaient de 65 pour 100 pour l'éther α-méthyl-β-anisylacrylique et de 55 pour 100 pour l'éther α-méthyl-β-pipéronylacrylique.

(¹) *Bull. Soc. chim.*, 3ᵉ série, **17**, 1897, p. 510.

La synthèse des éthers β-méthylés et α.β-diméthylés a été faite par la méthode de Reformatski décrite par Lindenbaum [1].

Les rendements ont été de 70 pour 100 environ pour l'éther α.β-diméthyl-β-anisylacrylique (Éb. 169°-170° sous 13^{mm}) et l'éther β-méthyl-β-pipéronylacrylique (Éb. 188° sous 13^{mm}), et 60 pour 100 environ pour l'éther α.β-diméthyl-β-pipérocylacrylique (Éb. 180° sous 13^{mm}).

L'acétopipérone utilisée dans ces synthèses a été préparée par l'action du nitrile pipéronylique sur l'iodure de méthylmagnésium (rendement 53 pour 100).

J'ai préparé les acides par saponification des éther-sels et les amides par l'action de l'ammoniaque sur les chlorures d'acides.

Au cours de ce travail j'ai préparé les corps suivants, qui n'avaient pas encore été signalés à ma connaissance :

L'acide α-β-diméthyl-β-anisylacrylique cristallisé dans l'eau, fond à 112°-113° ; l'acide β-méthyl-β-pipéronylacrylique fond à 163°, son éther éthylique (Éb. 188°-189° sous 13^{mm}) fond à 50°-51°, son amide fond à 122°; l'acide α-β-diméthyl-β-pipéronylacrylique fond à 117°-118°; l'amide α-méthyl-β-anisylacrylique fond à 160°; l'amide β-méthyl-β-anisylacrylique fond à 145°; l'amide α-méthyl-β-pipéronylacrylique fond à 157°; le nitrile β-pipéronylacrylique fond à 88°.

LITHOLOGIE. — *Premiers résultats d'une étude sur l'altération de surface de la craie. Le mécanisme de l'altération.* Note [2] de M. **B. Brajnikov.**

Les recherches faites sur la pénétration de l'eau au travers les masses crayeuses ont montré que la percolation (circulation au travers des fissures) l'emporte de beaucoup sur la perméabilité en petit (imbibition par capillarité); ce dernier mode de propagation est même considéré comme négligeable dans le débit global des eaux souterraines de la craie [3].

Quelle que soit son origine, la fissuration des couches crayeuses est, d'une manière générale, très avancée et souvent même, lorsque la craie paraît compacte, une étude minutieuse révèle la présence de fissures très nombreuses, quoique extrêmement fines.

---

(1) Lindenbaum, *Ber. deut. chem. Ges.*, 50, 1917, p. 1273.

(2) Séance du 29 mai 1933.

(3) E.-A. Martel, *Nouveau Traité des Eaux souterraines*, Paris, 1921.

Il en résulte, sous un climat favorable, et dans le cas où la craie n'est pas recouverte d'une couche imperméable, que l'infiltration des eaux superficielles dans cette roche peut être importante par son volume et par sa vitesse.

Certains auteurs, comme G. P. Merrill (1), considèrent que, dans les roches calcaires, la corrosion chimique prédomine presque invariablement sur l'érosion mécanique. D'autres, par contre, comme E. A. Martel (2), n'admettent cette manière de voir que pour le début du phénomène d'altération, sauf quelques cas exceptionnels; pour eux, l'érosion mécanique, peu importante au commencement, l'emporte rapidement sur la corrosion chimique. Cependant, dans le cas particulier de la craie, le phénomène est compliqué par une propriété inhérente à cette roche, celle de se délayer dans l'eau.

En effet, il est facile de constater, dans la nature comme au laboratoire, que lorsque la craie, et particulièrement la craie blanche du Sénonien, est mise en contact avec de l'eau, la surface mouillée donne naissance très rapidement à une couche de pâte crayeuse qui, si le liquide est abondant, se transforme en une sorte de « lait de chaux ». La boue ainsi formée tend à occuper les creux et les vides de la surface attaquée; s'il y a dessiccation, cette boue donne souvent naissance à une croûte continue et uniforme. Par contre, si des venues d'eau sont suffisantes, cette pâte est diluée et entraînée dans les parties plus profondes de la roche, grâce aux fissures multiples. Ce phénomène de délayage a comme effet d'isoler de petits blocs de craie, prédessinés par la fissuration. Il prépare ainsi toute la marche consécutive de l'altération. Toutefois ce morcellement ne se fait sentir que sur de faibles profondeurs : ce n'est en général qu'un phénomène de surface.

En même temps, mais avec une vitesse beaucoup moindre, s'exerce l'action chimique corrosive de l'eau sur la roche. Les eaux superficielles, toujours plus ou moins chargées d'acide carbonique, transforment le carbonate de chaux en bicarbonate qui est, en tout ou partie, entraîné par les eaux de percolation.

Ici, comme dans le cas précédent, l'attaque par l'eau se manifeste sur les petits blocs, plus ou moins dégagés, de craie, en partant des parois des fissures. La dissolution arrondit et réduit progressivement ces blocs, de la périphérie vers le centre, jusqu'à disparition complète. Mais pendant toute

(1) *Rocks, Rock-Weathering and Soils*, Macmillan and Co, 1906.

(2) *Loc. cit.*

la durée du phénomène, la craie à l'intérieur de chaque bloc reste fraîche et intacte, ce qui paraît démontrer le rôle insignifiant de la porosité dans la marche de l'altération. Le résultat de l'attaque chimique est la formation d'un « sable crayeux », d'abord plus ou moins grossier, puis de plus en plus fin, et finalement la disparition complète du carbonate de chaux.

Les parties insolubles de la craie, ainsi que les matières étrangères provenant des couches superposées ou apportées sur la surface en voie d'altération par les différents agents météoriques, sont entraînées avec la boue crayeuse par les eaux percolantes à travers le « sable crayeux » et dans les fissures, qu'elles remplissent. S'il y a défaut d'eau, cet entraînement, ainsi que la dissolution, sont faibles et la boue, qui a imbibé les « sables » et la roche ameublie de la zone d'altération, tend à les recimenter et les transformer en « brèches crayeuses ». Ce phénomène de reconsolidation est accompagné de la recristallisation du carbonate de calcium en plages de calcite.

Les matières insolubles subissent, dans les fissures de la roche, un classement plus ou moins grossier en fonction de la largeur des méats et essentiellement de la vitesse de percolation. Toutefois les éléments les plus fins, notamment les éléments colloïdaux, se retrouvent à des distances considérables en profondeur dans les fissures extrêmement fines de la roche tout à fait fraîche.

GÉOLOGIE. — *Sur les grès quaternaires de l'Attique.* Note [1] de M. G. MISTARDIS, présentée par M. Ch. Jacob.

Sur la côte Sud-Est de l'Attique, on a signalé des lambeaux de grès superficiels et récents, en plaques peu épaisses, de quelques décimètres à 8^m, étalés souvent au fond des vallées, mais atteignant parfois des altitudes de 100^m et plus. Lepsius y voyait la trace d'anciens rivages quaternaires, opinion discutée par Mitzopoulos.

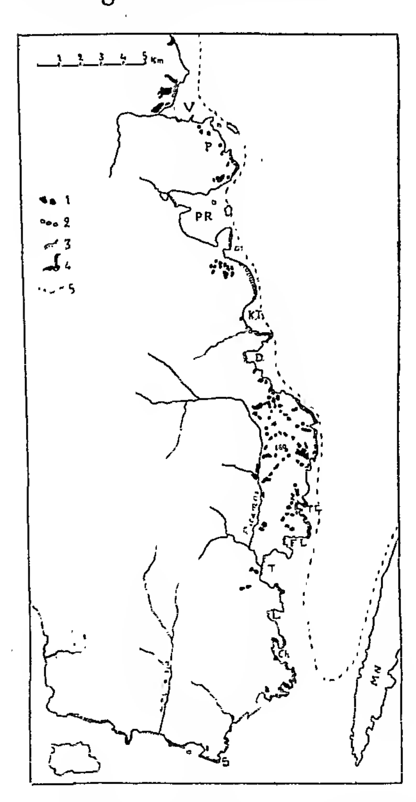
Nous avons relevé, à l'échelle du $1/25000^e$, toutes les plaques de grès observables, cherché à établir leurs rapports avec les autres formations quaternaires, et étudié enfin leur structure et leur faune.

L'esquisse schématique ci-après, qui résume nos levés détaillés, montre

[1] Séance du 6 juin 1933.

l'existence de trois groupes de lambeaux, dont le plus important est le groupe méridional, montant jusqu'à l'altitude 150^m.

Les éléments constituants des grès sont : 1° des grains de quartz, accompagnés de tourmaline, de zircon, etc., comme sur les plages actuelles du Sud-Est de l'Attique, grains enveloppés de calcaire jusqu'à donner une structure oolitique; 2° des parcelles de mica plus ou moins abondantes; 3° des graviers et cailloux roulés, apparaissant seulement dans les lam-



Extension des grès quaternaires du Sud-Est de l'Attique.
Échelle approximative 1/350000.

1. Grès.
2. Dunes.
3. Plages cimentées.
4. Falaises.
5. Littoral à la fin du Quaternaire.

Abréviations : S, Cap Sunium : Ch, Baie du Chantier; L, Laurium; T, Baie de Thoriko; FL, Franco Limani; TL, Turco Limani; D. Dascalio; KT, Baie de Kaki Thalassa; PR, Rade de Porto Raphti; P, Presqu'île de Perati; V, Baie de Vraona; MN, Makronissos.

beaux des pentes; 4° des fragments de coquilles calcaires, la plupart d'origine marine, où Lepsius avait reconnu des débris de *Pecten*, de *Cardium* et de *Cerithium* interminables et où nous avons identifié, près de Dascalio, *Bittium lacteum*, espèce abondante actuellement sur le littoral, avec des morceaux de Gastéropodes terrestres (*Helix*, *Bulimus*, etc.); 6° un ciment calcaire parfois si abondant que les grains ne se touchent plus.

Les rapports stratigraphiques des grès avec les autres formations quaternaires s'établissent ainsi qu'il suit : 1° A la base, on a des *conglomérats* peu cohérents, constitués de cailloux généralement peu roulés, formation indi-

quant un climat à saison sèche avec des pluies torrentielles alternantes. 2° Vient ensuite une *terre rouge argileuse*, épaisse de $0^m,50$ à 2^m, paraissant d'origine éolienne et traduisant un climat plus sec, voisin du climat actuel. 3° Enfin dans les vallées intérieures, des *poudingues* peu épais, aux matériaux plus roulés que ceux des conglomérats de base, se sont déposés sous un climat à précipitations abondantes et correspondant à la dernière phase glaciaire des hautes montagnes de Grèce. Vers la côte, ces poudingues sont remplacés par nos *grès*, souvent divisés en deux couches par un horizon argileux, la couche inférieure étant moins argileuse et plus caillouteuse, la couche supérieure plus riche en grains de quartz et plus consolidée.

De ces observations nous croyons pouvoir conclure :

1° Que les grès sont une formation quaternaire récente, qui ne doit en tout cas pas remonter au delà de la fin de la dernière période glaciaire. En tenant compte du fait que les dunes récentes du Sud-Est de l'Attique contiennent dans leur partie supérieure des ponces de la grande éruption de Santorin daté du troisième millénaire, matériel inconnu à leur base ainsi que dans nos grès, on obtient vers le haut un terme limite. Ce qu'on peut déterminer de la faune s'accorde avec un âge quaternaire récent.

2° L'origine des grès doit être cherchée dans des dunes de plages formées sur la côte Est de l'Attique aux dépens de roches cristallines, ce qui explique leur absence sur la côte occidentale en majorité calcaire. La mise en place sur les hauteurs à plus de 100^m est due aux vents violents d'Est et Nord-Est, qui ne sont pas rares actuellement et pouvaient être plus forts encore au Quaternaire. Ceci s'accorde avec l'absence de grès sur la côte occidentale de l'Attique, même là où elle n'est pas calcaire, et est confirmé par nos observations dans l'île d'Égine et plusieurs Cyclades où nous n'avons trouvé les grès que du côté où les vents dominants pouvaient pousser vers l'intérieur les sables dérivés des roches cristallines. Après la mise en place des sables sur les hauteurs, le ruissellement en a entraîné la plus grande partie, les mélangeant sur les pentes avec des graviers et les déposant çà et là au fond des vallées ; la consolidation par cimentation calcaire a préservé bien des lambeaux.

3° De la position des grès on ne saurait donc conclure à des rivages élevés. Par contre, il faut supposer une ligne littorale plus basse. En effet, ce n'est pas en arrière des plages actuelles que s'observent la plupart des lambeaux de grès, mais bien en arrière de falaises. Le littoral d'où sont partis les sables devait donc se trouver à plusieurs kilomètres à l'Est du littoral actuel et à quelques dizaines de mètres plus bas, impli-

quant la jonction de l'Attique avec plusieurs îles. Les falaises produites par l'érosion de la mer en transgression assaillent parfois les grès. D'autre part, des plaques de grès résultant de la consolidation des sables entraînés par le ruissellement au fond des vallées se trouvent parfois plonger dans la mer (Dascalo, baie des Chantiers, etc.).

GÉOLOGIE. — *Sur les environs d'Ampus (Var).*
Note de M. **Albert de Lapparent**, présentée par M. Ch. Jacob.

L'étude détaillée des dépôts tertiaires d'Ampus (Var) me conduit à une interprétation plus complète des accidents tectoniques successifs de cette région compliquée. Les argiles rouges et les sables feldspathiques et micacés bleutés d'Ampus se raccordent, par le synclinal faillé de Vérignon, avec les dépôts analogues de Bauduen, dont j'ai pu montrer l'âge éocène inférieur, du Vitrollien au Sparnacien (¹). Dans une série de courses récentes, parmi lesquelles se place une journée complète que M. A. Lanquine m'a consacrée, l'âge des diverses formations jurassiques a pu être précisé, et nous nous trouvons pleinement d'accord sur l'interprétation tectonique des environs d'Ampus.

Sur les bords du Plan de Taruby (²), on voit les argiles éocènes reposer sur leur substratum jurassique. Dans les environs du village d'Ampus, l'Éocène se trouve conservé dans un bassin d'effondrement : la flexure des calcaires portlandiens, accentuée par faille, est bien visible au pont de Ratton, et. au Sud, sur la route de Draguignan; près de Rigaud, cependant, au Sud-Est du bassin, la faille s'atténue, et le Tertiaire repose sur le Jurassique supérieur, localement recouvert de bauxite. Entre la route de Draguignan et celle de Tourtour, les argiles bariolées de la Combe de Magne sont limitées par une cassure, sauf au Sud où les calcaires jurassiques plongent sous le Tertiaire.

Au Sud de cet ensemble jurassique et tertiaire, un pli couché amène en recouvrement des niveaux moins récents. Une coupe Nord-Sud par le bord méridional du bassin d'Ampus montre successivement : 1° des argiles éocènes butant par faille contre les calcaires blancs; 2° ces calcaires portlandiens à pendage Nord; 3° une faille inclinée au Sud, avec une zone broyée; 4° ensuite, affectées d'un pendage Sud, les dolomies du Callovien du Bathonien et du Bajocien; puis les calcaires du Rhétien très écrasés; 5° des cargneules et des marnes du Trias supérieur; 6° de nouveau des calcaires du Rhétien à *Avicula contorta* Portl. et *Cardita austriaca* Hau. en bancs

---

(¹) *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.*, n° 3, 1933, p. 26.

(²) Suivre sur la Feuille de Draguignan au 1/80000ᵉ.

subhorizontaux; ils supportent une grande épaisseur de dolomies jurassiques. On a donc un anticlinal fortement déversé au Nord-Est, à noyau triasique, à flanc inverse partiellement conservé, et dont le flanc normal constitue le versant Nord du Puy de la Sigue. En suivant le contact vers le Nord-Ouest, on voit disparaître successivement les termes du flanc inverse, puis le Trias et le Rhétien, et le pli se termine dans l'anticlinal qui sépare Marcoux de la route de Vérignon. Au Sud-Est également, l'accident est enraciné au delà d'Aby; il se résout là en une simple cassure dans les calcaires portlandiens.

Cinq lambeaux de recouvrement attestent l'extension du chevauchement vers le Nord-Est. Les deux plus importants reposent sur les couches éocènes du bassin d'Ampus; le témoin oriental est formé de Rhétien superposé à des calcaires blancs écrasés; le village est bâti sur le second, constitué par des dolomies extrêmement broyées. Au Nord de Rigaud, des marnes jaunâtres du Rhétien reposent sur le bord des calcaires portlandiens autochtones. Au Nord de le Ruis (route de Tourtour), l'affleurement d'argiles bariolées le plus proche du contact anormal supporte des calcaires du Rhétien à *Avicula contorta;* l'autre affleurement, situé plus au Nord, montre, sur les sables tertiaires, un lambeau de dolomies bathoniennes. Ces deux derniers témoins dessinent avec ceux d'Ampus et de Rigaud un alignement Sud-Est-Nord-Ouest parallèle à l'axe du pli, et ils sont des restes de flanc inverse. L'amplitude visible du chevauchement atteindrait 2^{km}.

Au Nord, de Marcoux aux Claux, le Jurassique supérieur est incliné au Sud et au Sud-Ouest; à partir de la Treille, le pendage s'accentue beaucoup et un anticlinal se dessine qui ne tarde pas à faire chevaucher vers le Sud des dolomies à pendage Nord, à Mourjaï. Le contact anormal se poursuit à l'Est durant 7^{km}, mais l'accident se termine au Château de la Garde.

Après le dépôt des couches de l'Éocène inférieur, les environs d'Ampus auraient donc été affectés par trois séries d'accidents :

1° Des *failles périphériques* dans les calcaires portlandiens, déterminant les bassins d'effondrement d'Ampus et de la Combe de Magne; ces cassures seraient contemporaines des plissements provençaux dont elles sont sans doute une conséquence;

2° Le *pli du Puy de la Sigue*, couché *vers le Nord-Est*, long de 9^{km}, enraciné à ses deux extrémités Nord-Ouest et Sud-Est, à flanc inverse partiellement conservé, et détachant à l'avant cinq lambeaux de recouvrement. Il s'agit là d'un pli provençal à rapprocher des plis couchés de Fox-Amphoux et de Quinson-Montmeyan.

3° L'*anticlinal de Mourjaï*, qui se déverse par contre *au Sud-Ouest*. L'absence de dépôts postérieurs à l'Éocène ne permet pas de le dater stratigraphiquement; cependant, tout m'incline à le comparer aux plis alpins d'Aups et de Bauduen, l'un et l'autre enracinés et déversés au Sud-Ouest.

Les apparences avaient pu suggérer que l'Éocène se trouvait en fenêtre

sous une nappe provençale [1]; mais l'étude minutieuse des affleurements tertiaires et des extrémités des plis me permet d'établir avec certitude [2] *qu'il n'y a pas de fenêtre à Ampus*. Remplaçant « une seule grande nappe qui dépasse la limite Nord de la feuille de Draguignan », on est en présence : d'une part, de *bassins d'effondrement*, ou même de *repos normal de l'Éocène sur le Jurassique;* d'autre part, de *deux plis couchés l'un vers l'autre* et qui ne seraient pas de même âge. Dans cette région, en effet, les plissements alpins ont rencontré en sens opposé des plis provençaux antérieurs, sans qu'il y ait d'ailleurs de limite nette entre les deux domaines.

MÉTÉOROLOGIE. — *Nuages dans la stratosphère.* Note de M. **Carl Störmer**.

La Norvège méridionale possédant une série de stations reliées par téléphone et munies d'appareils spéciaux pour photographier l'aurore boréale, nous avons réussi à obtenir non seulement des milliers de photographies d'aurore, mais encore plusieurs centaines de photographies des nuages les plus remarquables situés dans la stratosphère. Il y en a de deux sortes essentiellement différentes : les uns des nuages nocturnes lumineux se trouvant à environ 82^{km} de hauteur et les autres de beaux nuages nacrés situés de 20 à 30^{km} au-dessus du sol.

L'année 1932 fut particulièrement riche en nuages stratosphériques semblables et nous avons réussi à obtenir des séries importantes de photographies prises de plusieurs stations à la fois, de telle sorte qu'on obtient une détermination exacte de leur hauteur et de leur vitesse.

La première sorte de nuages, les nuages noctures lumineux, mesurés pour la première fois par Jesse de 1885 à 1891, furent observés en Norvège le 10 et le 24 juillet 1932 et il fut pris une série de déterminations de leur hauteur. Nous extrayons d'un rapport qui paraîtra bientôt dans les *Annales de l'Observatoire d'Oslo*, les résultats suivants :

Comme moyenne des 18 mesures de la hauteur en date du 10 juillet, nous avons trouvé $81^{km},8$; moyenne des 19 mesures le 24 juillet $81^{km},1$; ce qui s'accorde avec la moyenne 82,08 trouvée par Jesse.

(1) E. Haug et L. Bertrand, *Comptes rendus*, 154, 1912, p. 147.
(2) Cf. J. Repelin, *Comptes rendus*, 161, 1915, p. 595.

La vitesse des nuages le 10 juillet était d'environ 50^m par seconde, dans la direction Sud-Sud-Ouest.

Quant aux nuages nacrés, auxquels Mohn a consacré un Mémoire important dans le *Meteorologische Zeitschrift* de 1898, ils apparurent plusieurs fois au-dessus de la Scandinavie dans les mois de janvier et février 1932. Le phénomène fut particulièrement remarquable les 29 janvier et 19 février de Oslo et des stations auxiliaires et quelques centaines de photographies furent prises pour en déterminer la hauteur.

Les résultats furent en accord avec nos propres résultats de 1926 et 1929, époque à laquelle nous avions réussi pour la première fois à déterminer la hauteur de ces nuages (voir *Geofysiske Publikationer*, 9, Oslo). En effet ces nuages étaient situés de 20 à 30^{km} d'altitude, surtout de 23 à 29^{km}.

Il est bien remarquable que ces nuages soient, comme l'a déjà remarqué Mohn, en relation avec de fortes dépressions dans l'Europe septentrionale, et qu'ils apparaissent presque exclusivement pendant l'hiver, tandis que les nuages lumineux nocturnes ne peuvent être vus du lieu d'observation seulement pendant l'été.

Pendant la nuit du 19 au 20 février 1932, les nuages nacrés furent éclairés par la Lune et nous observâmes alors dans un nuage assez homogène une partie de couronne autour de la Lune, dont le rayon était si grand qu'on en pouvait conclure que les particules de nuage n'excédaient pas $0^{mm},0025$ de diamètre.

La prochaine fois que ces nuages nacrés se montreront il serait de grande importance de sonder l'atmosphère supérieure à l'aide des ballons munis d'instruments enregistreurs, afin de pouvoir peut-être déterminer la nature de ces nuages remarquables.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le raffinose dans les céréales.* Note de MM. **H. Colin** et **H. Belval**, présentée par M. Marin Molliard.

On sait depuis longtemps que les grains d'Orge et de Blé renferment un peu de raffinose; O'Sullivan [1], puis Schulze et Frankfurt [2] l'ont extrait de la farine d'Orge et des germes de Blé. Ces données anciennes sont hors de conteste; nous avons retiré sans peine des germes de meunerie, par les procédés classiques, le saccharose et le raffinose à l'état cristallisé.

---

[1] O'Sullivan, *Journ. of Chem. Soc.*, 49, 1886, p. 58 et 70.
[2] Schulze et Frankfurt, *Ber. Chem. Ges.*, 27, 1894, p. 64.

Le raffinose est localisé dans l'embryon, à l'exclusion de l'albumen et des téguments; on s'en doute rien qu'en examinant, comme l'a fait récemment A. de Cugnac ([1]), les divers produits de mouture : farines, issues bises et sons. Nos analyses ne laissent subsister aucune incertitude à cet égard. Il n'y a, dans les farines blanches, d'autres glucides solubles et saccharifiables que le sucre de Canne et le fructoside (lévosine) découvert par Tanret ([2]). Les germes ne renferment pas de lévosine, mais du saccharose et du raffinose. Le son est particulièrement riche en saccharose, sans lévosine ni raffinose, sinon s'il est souillé de débris de l'amande et du germe. On trouve, par exemple, pour 100 de matière, $[\alpha_1]$ et $[\alpha_2]$ désignant les pouvoirs rotatoires avant et après inversion, T, I, S, R, L, les pourcentages de sucre total, de réducteur, de saccharose, de raffinose et de lévosine :

	$[\alpha_1]$	$[\alpha_2]$ $t° = 16°$.	T.	I.	S.	R.	L.
Farine blanche..........	−12	−50	1,0	0,1	0,2	0	0,6
Germes................	+83	− 4	9,2	0,2	5,2	4,0	0
Son (gros).............	+52	−19	2,4	0,2	2,0	–	–
Son (fin)...............	+51	−17	2,9	0,2	2,4	–	–

On comprend ainsi pourquoi les extraits alcooliques de grains de Blé sont de moins en moins lévogyres, puis assez fortement dextrogyres, à mesure que le grain grossit et que l'embryon s'organise ([3]).

Les autres céréales : Seigle, Avoine, Maïs, Sorgho, n'avaient jamais été examinées de ce point de vue. Nous venons de combler cette lacune.

On ne trouve, dans le commerce, ni les germes de Seigle, ni ceux d'Orge et d'Avoine; nous avons dû en préparer nous-mêmes quelques grammes, trop peu pour obtenir le raffinose cristallisé, mais suffisamment pour effectuer sur ces trois sortes de grains des analyses concluantes dont voici le résultat :

([1]) A. de Cugnac, *Bull. Soc. Bot.*, 79, 1932, p. 231.

([2]) Tanret, *Bull. Soc. Chim.*, 5, 1891, p. 724.

([3]) H. Belval, *Rev. Gén. Bot.*, 36, 1924, p. 308.

	$[\alpha_1]$.	$[\alpha_2]$ $t = 16°$.	T.	I.	S.	R.	L.
Seigle germes.......	+78	− 8	8,9	traces	6,2	2,6	0
» albumen.....	−20	−58	1,3	0,16	0,2	0	0,9
Orge germes........	+89	+ 1	8,2	traces	3,3	4,9	0
» albumen......	+10	−30	0,5	0,17	0,2	0	0,1
Avoine germes......	+87	− 2	1,3	traces	0,6	0,7	0
» albumen....	+57	−19	0,2	traces	0,2	0	0

La présence du raffinose dans les embryons de ces céréales, tout comme dans celui du Blé, ne fait donc aucun doute. La composition glucidique des germes est presque la même pour le Seigle et le Blé. Le raffinose est plus abondant, relativement au saccharose, dans l'embryon d'Orge, dans celui d'Avoine également, mais ici, le sucre total est déficitaire. La teneur élevée de l'albumen du Seigle en lévosine, l'absence presque complète de fructosane dans le grain d'Avoine parfaitement mûr, sont des particularités déjà signalées.

Orge, Blé, Seigle, Avoine, ce sont toutes céréales à lévosine. Qu'en est-il des autres, du Maïs et du Sorgho spécialement, dont les grains, pas plus que les tiges, ne renferment jamais de fructosane?

Il est assez facile de séparer l'embryon des grains de Maïs; pour le Sorgho, l'opération est plus laborieuse, en raison de l'exiguïté et de l'adhérence du germe.

Dans un cas comme dans l'autre, le seul glucide soluble et saccharifiable des grains est le sucre de Canne, aussi bien dans les germes que dans l'albumen.

De par la présence ou l'absence du raffinose dans l'embryon, les céréales passées en revue se partagent ainsi en deux groupes, et cette division coïncide exactement, sans qu'on en voie bien la raison, avec la répartition des fructosanes dans l'albumen et la tige de ces plantes.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur un hétéroside nouveau de* Betula alba *L.* Note de M. **Antonio Sosa**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La méthode biochimique, appliquée aux écorces de *Betula alba* L., nous ayant révélé la présence de principes hydrolysables par l'émulsine des

amandes, nous en avons tenté l'extraction et nous avons pu retirer des écorces du tronc et des grosses branches un hétéroside nouveau auquel nous avons donné le nom de *bétuloside*. Les jeunes rameaux ne nous ont pas permis d'extraire de bétuloside.

Préparation. — 1^{kg} d'écorce fraîche est épuisé à l'alcool bouillant à 80° pendant 20 minutes. Les écorces épuisées sont hachées et traitées par du nouvel alcool. L'alcool est évaporé et le résidu est repris par l'eau tiède.

Il se précipite une grosse quantité d'un produit formé principalement de bétulol (autrefois bétuline). On filtre; la solution aqueuse est alors agitée avec de l'éther, puis additionnée de magnésie calcinée (100^{g} par kilogramme d'écorce fraîche).

La pâte obtenue est mise à sécher à l'étuve. Le résidu est épuisé par l'alcool à 95° bouillant. La solution alcoolique est distillée à sec et le résidu est repris par l'ester acétique hydraté bouillant. Le glucoside cristallise par refroidissement. On le purifie par cristallisation dans l'eau, puis dans l'alcool absolu. Le rendement est de 3^{g} de bétuloside pur par kilogramme d'écorce fraîche. Ce procédé est le plus simple, mais on peut obtenir cet hétéroside par défécation plombique; les rendements sont identiques.

Propriétés physiques. — Le bétuloside cristallise en tablettes incolores, inodores, de saveur amère, solubles dans l'eau froide, beaucoup plus solubles dans l'eau bouillante, très solubles dans l'alcool à 95° froid.

Point de fusion $= +190°$ (corr.).

$$[\alpha]_D = -44°,3 \qquad (\alpha = -3°30'; \ p = 0,792^{g}; \ v = 50^{cm^3}; \ l = 5^{dm}).$$

Le bétuloside cristallise anhydre.

Propriétés chimiques. — Le bétuloside ne renferme pas d'azote, il ne réduit pas la liqueur cuproalcaline; avec l'acide sulfurique concentré, il donne lentement une coloration orangée : le groupement prosthétique fournit la même coloration. Le bétuloside est facilement hydrolysable par l'émulsine : l'hydrolyse sulfurique le dédouble également, mais elle altère le groupement prosthétique.

Hydrolyse par l'émulsine. — 5^{cm^3} d'une solution aqueuse de bétuloside (à 1,51 pour 100; $\alpha = -1°21'$) sont mélangés à un égal volume de solution d'émulsine (à 1 pour 100; $\alpha = -10'$). On suit la réaction au polarimètre. Après 4 heures, elle est terminée et la solution présente une déviation de $+18'$. Il s'est formé $20^{mg},5$ de sucre réducteur exprimé en glucose. L'indice de réduction diastasique est voisin de 386. Le bétuloside

fournit par hydrolyse fermentaire 54,3 pour 100 d'un sucre réducteur dont le pouvoir rotatoire est voisin de celui du glucose.

Nous avons tenté l'extraction du groupement prosthétique et du sucre réducteur.

5g de bétuloside sont hydrolysés par l'émulsine. La solution est épuisée par l'éther pour enlever le groupement prosthétique.

La solution aqueuse est versée dans l'alcool bouillant qui coagule l'émulsine. La solution filtrée est évaporée à sec dans le vide; l'extrait est repris par l'alcool à 95°. On obtient ainsi 1g,20 de cristaux blancs de saveur faiblement sucrée, doué de mutarotation descendante et dont le pouvoir rotatoire stable en solution aqueuse est

$$[\alpha]_D = +52°,2 \ (\alpha = +2°,7'; \ v = 10^{cm^3}; \ p = 0,203^g; \ l = 2^{dm}).$$

La phénylosazone fond à + 229° (bloc Maquenne). C'est du *d*-glucose.

La solution éthérée est desséchée avec du SO^4Na^2 anhydre. On filtre et par évaporation, on obtient 2g,50 de cristaux blancs fondant à + 81°, très peu solubles dans l'eau froide. Ce produit est légèrement acide au tournesol et donne les réactions des phénols : coloration bleue très stable mais peu intense avec Cl^3Fe à 1 pour 100 (coloration disparaissant par agitation à l'éther), coloration verte avec le réactif de Liebermann; avec le glucose et SO^4H^2 concentré, coloration violette (réaction de Molisch) : il ne fournit pas la réaction de l'anhydride phtalique. Il ne réduit pas la liqueur cupro-alcaline; l'acide osmique à 1 pour 100 donne une coloration bleu noir. Il ne renferme pas de groupement méthoxylé.

Nous avons essayé de déterminer le poids moléculaire du bétuloside par la microméthode de Rast : cette méthode a donné de mauvais résultats. Pour le produit non glucidique, les résultats ont été plus concordants : 179 et 181.

Le poids moléculaire du glucoside, calculé d'après la teneur en glucose, est de 332, ce qui donne pour le produit non glucidique un poids moléculaire de 170.

L'analyse élémentaire du bétuloside a fourni les résultats suivants :

	Trouvé.		Calculé pour $C^{16}H^{24}O^7$.
C pour 100...........	58,26	58,17	58,50
H pour 100...........	7,44	7,50	7,37

Le produit non glucidique a donné :

	Trouvé.		Calculé pour $C^{10}H^{14}O^2$.
C pour 100...........	71,88	71,99	72,25
H pour 100...........	8,50	8,51	8,49

L'équation d'hydrolyse peut s'écrire :

$$C^{16}H^{24}O^7 + H^2O = C^{10}H^{14}O^2 + C^6H^{12}O^6.$$

La quantité théorique de sucre réducteur formé par hydrolyse est 54,9. Nous avons trouvé 54,3.

L'indice de réduction théorique est de 375 (trouvé : 386).

Nous poursuivons l'étude chimique de ces produits.

CYTOLOGIE. — *La structure cytologique des* Bacillus enterothrix, camptospora, *Collin et de* Bacillospira (Spirillum) præclarum, *Collin.* Note de M. **A.-Ch. Hollande**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Ces microbes volumineux, sporulants, ont été découverts, en 1913, par Collin, dans le rectum des têtards. Ils mesurent respectivement 40 à $95^\mu \times 5^\mu$; 40 à $120^\mu \times 2$ à 4^μ; 50 à $140^\mu \times 2^\mu,5$ à 7^μ.

J'ai étudié la cytologie, encore inconnue, de ces microbes par les techniques aux éosinates du bleu de méthylène et à l'hématoxyline au fer après chromisation.

Chez tous les microbes considérés, le protoplasme est dense, homogène, basophile; absence de structure alvéolaire, ni corps central, ni périplaste. Les cellules ne sont pas cloisonnées; reproduction par division transversale (*fig.* 2); membrane limitante externe, fine, sans doubles contours. *Spirillum præclarum*, qui n'est pas un spirille et pour lequel je propose le nom *Bacillospira*, doit sa forme spirochétoïde à la présence d'une fascea [1] élastique, hélicoïdale, accolée à la surface externe de la membrane (*fa*, *fig.* 15).

Le protoplasme renferme des métanucléosomes et des corpuscules nucléosomiens. La substance cyanophile des métanucléosomes (*m*) existe en quantité très variable d'un individu à l'autre pour une même espèce. Les contours des métanucléosomes sont très irréguliers (*m*, *fig.* 1, 4, 5, 12).

Les corpuscules nucléosomiens mesurent $0^\mu,01$ et sont disposés par

(1) Cf. *Archiv. Zool. exp. et gén.*, 62, IV, 1924, p. 309.

groupe de deux, diversement répartis dans le protoplasme (*n*, *fig.* 2, 5);

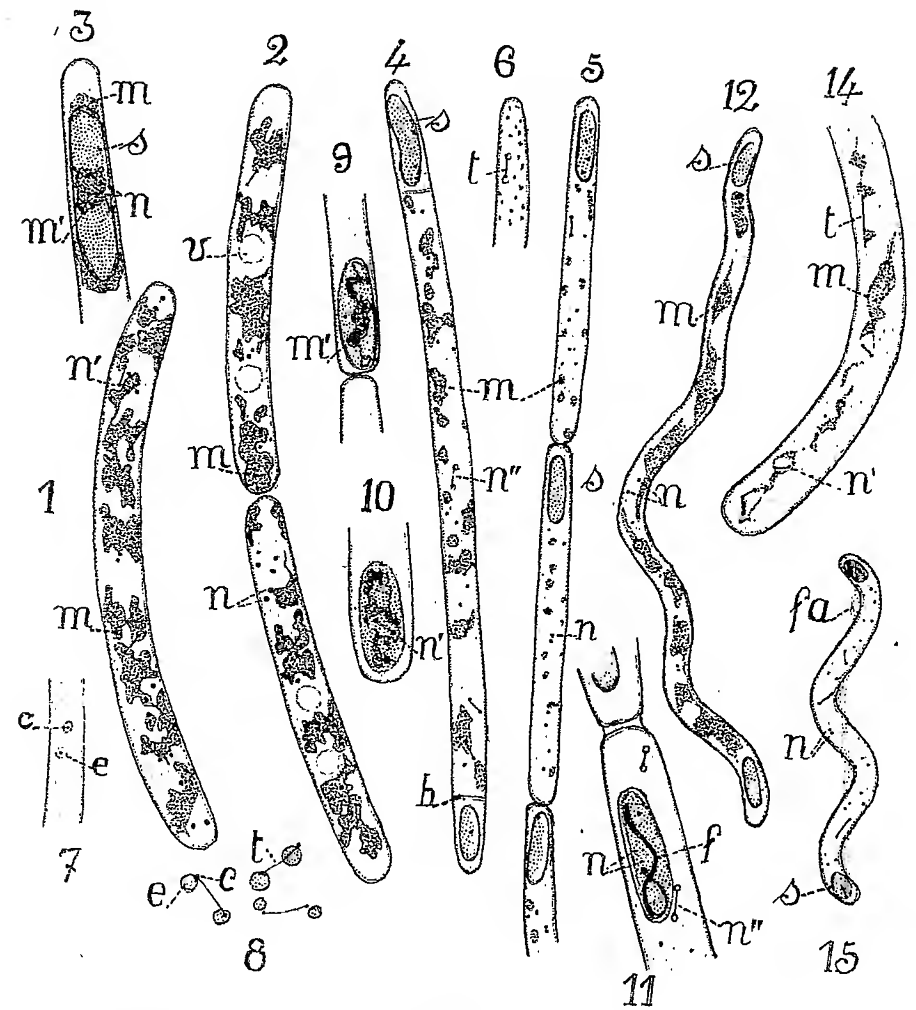


Fig. 1, 2. *Bacillus collini.* — Fig. 4. *Bac. camplospora.* — Fig. 5, 6. *Bac. enterothrix.* — Fig. 12, 14, 15. *Bacillospira* (*Spirillum*) *praeclarum.* — Fig. 3. *Spore de Bac. collini.* — Fig. 9, 10, 11. Spores de *Bacillus enterothrix.* — Fig. 8. Appareil nucléosomien schématisé : *e*, épinucléosome ; c, centronucléosome ; *t*, tractus intercentronucléosomien ; *m* et *m'*, métanucléosomes : *n*, nucléosomes au repos ou (*n'* et *n''*) en division ; *s*, spores ; *fa*, fascea ; *v*, vacuoles. — Fig. 14. Forme jeune de *Bac. præclarum.* — Fig. 1 à 3. 9 à 11, 14. *c. cl.* × 1200. — Fig. 4 à 6. *c. cl.* × 400, fix^{n} vap. osmiques + sublimé; col^{n}. éosinates (48^{h}, dilution 1 p. 40). — Fig. 7. *c. cl.* × 900. — Fig. 15. c. *cl.* × 350; fix^{n} Bouin-cuprique et postchromisation; col^{n} Hématoxyline-fer.

ils sont fréquemment en division (*n'*, *fig.* 1, 14). Chaque corpuscule est

formé, comme chez les Cyanophycées, d'un appareil nucléosomien [1] (*n''*, *fig.* 4, et *t*, *fig.* 6).

L'épinucléosome (*e*, *fig.* 8) ne paraît pas être entouré de substance fuchsinophile après technique mitochondriale; périphériquement à ce dernier, il existe néanmoins parfois (*Bac. camptospora*) une substance qui se teint métachromatiquement en rouge par le bleu polychrome et le bleu de Löffler (corpuscules métachromatiques périépinucléosomiens comparables à ceux des Cyanophycées). L'épinucléosome, érythrophile aux éosinates, se divise par clivage; le centronucléosome, cyanophile aux éosinates et sidérophile à l'hématoxyline, se divise par étirement; il y alors formation d'un tractus intercentronucléosomien (*t*, *fig.* 6; *n''*, *fig.* 4, 11). La structure cytologique des formes jeunes, petites, est semblable à celle des formes évoluées les plus grandes; j'ai noté l'absence de paranucléosome primaire [2]; je n'ai pas observé la formation de phytoschizonte.

J'homologue l'épinucléosome à un paranucléosome secondaire [2], *biologiquement fixé* au cours de l'évolution microbienne; le microbe n'ayant plus ainsi à faire l'effort de l'élaboration de paranucléosomes; le centronucléosome correspond au nucléosome des Bactéries.

Une structure cytologique semblable se retrouve chez *Bacillus collini*, n. sp., du rectum des têtards (*fig.* 1, 2, 3,).

La formation de la spore est précédée d'une augmentation de la basophilie du protoplasme apical qui, souvent, se sépare du reste cellulaire par une pseudomembrane transverse préapicale (*b*. *fig.* 4); il y a au début sécrétion abondante de substance cyanophile (*m'*, *fig.* 9, 10); celle-ci se condense ensuite et se dispose finalement en un filament (*f*, *fig.* 11) contourné en *s* ou en 8. Présence, par germe sporal, de 2 à 6 corpuscules nucléosomiens, en division (*n'*, *fig.* 10) ou non (*n*, *fig.* 11), parfois chargés de substance métachromatique.

On doit noter que, bien qu'au repos, le germe sporal ne présente pas de membrane nucléaire entourant le métanucléosome; ce dernier étant homologable à la substance sidérophile du noyau diffus des Cyanophycées.

De tels microbes peuvent être regardés comme des espèces intermédiaires reliant les *Bacteriacea* aux *Cyanophycea*.

---

(1) *C. R. Soc. Biol.*, 109, 1932, p. 1359; *Arch. Zool. exp. et gén.*, 75, 1933, fasc. VIII, p. 175.

(2) *C. R. Soc. Biol.*, 113, 1933, p. 120.

EMBRYOGÉNIE. — *La détermination tardive, au temps de la gastrulation, du centre organisateur des Amphibiens, démontrée chez le Discoglosse par l'ascension expérimentale de la lèvre dorsale.* Note de M. **Paul Wintrebert**, présentée par M. Maurice Caullery.

L'œuf du Discoglosse possède un centre organisateur [1] qui, par induction mitogénétique propagée, commande, dans la paroi blastuléenne dorsale la formation des ébauches axiales présumées. J'ai tenté de découvrir les rapports de ce centre avec le centre d'organisation de Spemann. Tous les embryologistes, à ma connaissance, sont partisans d'une détermination précoce de celui-ci. Pour Spemann [2] il « date probablement du changement de place du matériel de l'œuf indivis, qui suit la fécondation et produit le croissant gris ».

Frankhauser [3] conclut d'expériences de ligature, faites sur l'œuf insegmenté du Triton, qu'il est présent 20 minutes après la fécondation et qu'il peut même exister dans l'œuf vierge au début des processus de maturation. Chez les Anoures, Brachet [4] fixe son origine à l'apparition du croissant gris et estime, dès 1906, que les localisations germinales sont définitivement stabilisées 1 heure 30 après l'insémination. Pasteels [5] va plus loin; pour lui, l'œuf d'Anoure possède, de 20 à 35 minutes après la fécondation et peut-être avant elle, non seulement un centre organisateur défini, mais encore des territoires organo-formateurs déterminés en dehors de lui.

Mes résultats sont en opposition complète avec ces données.

Le mode opératoire adopté est l'asphyxie de l'hémisphère végétatif de l'œuf chorial du Discoglosse, dans une cuvette de cire à modeler, étroitement appliquée sur lui, où il est maintenu à T. 20°C., pendant 5 heures. Les œufs, mis en cuvette au stade de 128 blastomères environ, ont auparavant reçu deux marques colorées, l'une au pôle végétatif, l'autre au côté dorsal de l'équateur. La lèvre dorsale, qui normalement se forme à 18° du pôle végétatif, peut être, par ce procédé, relevée jusqu'à l'équateur,

[1] Wintrebert, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 908; 196, 1933, p. 571.

[2] Spemann, *Proc. Roy. Soc. London*, Série B, 102, 1928, p. 181.

[3] Fraukhauser, *Roux' Arch.*, 122, 1930, p. 724.

[4] Brachet, *L'œuf et les facteurs de l'ontogenèse*, 1931, 2e édition, p. 240, 345, 370.

[5] Pasteels, *Arch. de Biologie*, 43, 1933, p. 570.

c'est-à-dire de 72°. Le raccourcissement du tronc suit le progrès de cette élévation, de telle sorte que les embryons survivants peuvent être classés en quatre lots : 3/4 tronc pour 18° d'ascension, 1/2 tronc pour 36°, 1/4 tronc pour 44°, o tronc pour 72°. Sur 100 œufs traités, 7 ont été obtenus dans ce dernier lot; leur lèvre dorsale s'enroule à l'équateur; leur plaque médullaire, courte et large, est réduite au cerveau ; elle est bordée en arrière par un gros bourrelet blastoporal. Dans la suite, la gouttière cérébrale se ferme et le germe se contracte en têtard; celui-ci, dans les cas heureux, se trouve pourvu d'une tête complète et symétrique, dont le volume considérable est disproportionné à celui du tronc; mais le tronc peu à peu s'allonge et peut même se compléter sans production de *spina bifida*. Les coupes montrent la présence d'un toit archentérique, normalement composé d'une plaque préchordale et d'une corde impaire flanquée de somites pairs.

Si l'on consulte les plans d'ébauche du Discoglosse précédemment tracés ([1]), on voit que la lèvre dorsale, relevée de 36°, se forme dans la plaque médullaire présumée et qu'une élévation de 63° la place au-dessus de toutes les ébauches axiales de la blastula. Les rapports qui lient le centre ordonnateur et son champ d'induction mitogénétique au centre organisateur peuvent donc être conçus de la façon suivante. Le champ mitogénétique de la blastula est *équipotentiel*. Le trait de la lèvre dorsale marque seul le groupe cellulaire auquel échoit la destinée de constituer le centre d'organisation et fixe en même temps le moment de sa détermination.

La pénétration, dans le milieu intérieur de l'œuf, des cellules qui se contractent en formant la lèvre dorsale ([2]) change leurs propriétés et transforme l'induction purement mitogénétique dont elles sont pourvues en une induction organisatrice d'une nature tout à fait différente. Les territoires enroulés à la suite du premier segment invaginé, devenu centre organisateur, subissent sa loi et sont déterminés par lui suivant leur ordre d'enroulement et leur distance au plan de symétrie de la lèvre dorsale; ainsi l'unité du développement est assurée. Mais la condition nécessaire de leur dépendance est que ces territoires soient reliés à l'organisateur par un champ d'induction continu. En effet, tout fragment du champ d'induction mitogénétique séparé de l'organisateur primaire par un territoire neutre, acquiert, après son invagination, du fait même de son isolement (greffes, retournements, etc.), la faculté de constituer un organisateur primaire séparé.

([1]) Wintrebert, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 447.
([2]) Wintrebert, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 493.

Ces résultats sont d'accord avec les faits expérimentaux positifs découverts par Spemann et son école et spécialement avec les résultats obtenus par Bautzmann (¹) au moyen de greffes méthodiques de la zone marginale; mais ils conduisent à les interpréter différemment. La zone marginale dorsale correspond, chez les Amphibiens, au champ d'induction mitogénétique de la blastula. Son ablation totale (Goerttler) (²) empêche la gastrulation. Son pouvoir tient donc essentiellement aux propriétés d'induction propagées par le centre ordonnateur et non à ce que son domaine coïncide éventuellement, comme chez les Urodèles, avec le territoire présumé de l'enroulement mésodermique normal. Chez le Discoglosse, par exemple, elle dépasse en haut celui-ci et la capacité d'édifier un centre d'organisation appartient tout autant au département médullaire présumé et à l'ectoderme équatorial qu'aux territoires ento-mésodermiques sous-jacents.

MÉCANIQUE ANIMALE. — *Contribution à l'étude du mécanisme du vol chez les Insectes*. Note de MM. **A. Magnan**, **A. Sainte-Laguë** et **Cl. Magnan**, présentée par M. d'Arsonval.

Grâce aux cinématographies d'insectes en vol et d'effets du coup d'aile obtenus par l'un de nous (³), grâce à la mise en évidence tout d'abord d'un courant d'air dirigé vers le bas et provoqué par l'abaissement du plan alaire et aussi d'un courant d'air dirigé vers l'arrière, créé en premier lieu par l'action des rigoles (⁴) existant à la face inférieure de l'aile pendant l'abaissée et ensuite par le plan alaire pendant la relevée (⁵), il nous a été possible d'aborder utilement l'étude du mécanisme du vol battu chez les Insectes et en particulier chez les Diptères.

Sustentation. — Quand un Diptère vole le corps horizontal en progressant, l'abaissée de ses ailes déplace vers le bas une colonne d'air qui, par réaction, contre-balance l'action de la pesanteur. Cette colonne, étant donnée l'amplitude de l'angle de battement, est sensiblement équivalente

(¹) Bautzmann, *Roux' Arch.*, 108, 1926, p. 313-320.
(²) Goerttler, *Zeitschr. f. Anat. u. Entw.*, 80, nº 7, 1926, p. 341.
(³) A. Magnan, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 999.
(⁴) A. Magnan et Cl. Magnan, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1369 et 1698.
(⁵) A. Magnan et A. Sainte-Laguë, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1171.

aux deux tiers d'un cylindre ayant pour rayon la longueur de l'aile et pour hauteur la largeur moyenne de l'aile.

Dans le cas d'une Volucelle (*Volucella plumata* Meig.) cette masse d'air est égale à chaque abaissée qui dure environ les deux tiers du battement à

$$\frac{\pi R^2 H \times 2}{3} = 3,14 \times 1,7 \times 0,4 \times \frac{2}{3} = 1^{cm^3},4$$

et pour 120 battements par seconde à 170^{cm^3}, soit 1/5,8 de litre ou $0^g,22$ d'air.

En utilisant le théorème des quantités de mouvement et en appliquant la formule $F\,dt = m\,dv$ dans laquelle F représente le poids à soulever, m la masse d'air mise en mouvement et v sa vitesse, on a pour une seconde $F = mv$, ce qui permet de calculer le poids sustenté lorsqu'on a déterminé les autres inconnues. L'expérience nous ayant montré que la vitesse moyenne du centre de poussée de l'aile d'une telle volucelle est 3,3 m/sec environ, on trouve ainsi

$$F = 0,170 \times 1,3 \times \frac{981}{1000} \times 330 = 73^{mg}$$

en chiffres ronds. Or l'animal pèse 73^{mg}. Il est donc sustenté pendant l'abaissée. Il l'est aussi pendant la relevée de l'aile, si l'on tient compte du courant d'air dû à l'action des rigoles, dirigé alors vers le bas et ayant même débit et même vitesse que pendant le coup descendant.

Propulsion. — Nos expériences ont mis en évidence un débit d'air d'environ 100^{cm^3} par seconde créé par les rigoles déjà signalées, dirigé vers l'arrière et donnant, par réaction, une propulsion. En appliquant le théorème de la conservation des quantités de mouvement entre une masse d'air de $0^g,13$ et de vitesse égale à 1 m/sec et un animal de 73^{mg} et de vitesse V, on a

$$MV = mv,$$

d'où

$$V = \frac{m}{M} v = 1,8 \times 1 = 1,8 \text{ m/sec}.$$

qui correspond à une vitesse contrôlée de la volucelle. Quand la vitesse de l'air est, au lieu de 1 m/sec, 2,2 m/sec, chiffre trouvé comme maximum, la vitesse de la mouche V passe à 4 m/sec. Pendant la relevée de l'aile, il existe aussi un courant d'air vers l'arrière dû au recul du plan alaire et qui fournit des valeurs analogues.

Vol au point fixe. — La sustentation de la volucelle étant assurée, il

suffit, à nombre de battements égal, que le débit de l'air à l'arrière de l'aile devienne nul. Or, si l'insecte abaisse son aile à plat perpendiculairement à l'axe du corps et la relève de même dans un plan vertical, ce qui se produit dans le vol au point fixe et non plus d'arrière en avant et de haut en bas et inversement comme dans le vol normal avec progression, la composante de propulsion de la vitesse, normale à la rigole d'entrée de l'air, sera presque nulle, d'où arrêt du débit et vol sur place.

Puissance. — L'énergie minima nécessaire pour obtenir le vol est donnée en ce qui concerne la sustentation par $1/2\,mv^2$. Pendant l'abaissée de l'aile, on a

$$W = \frac{1}{2}\,0,22.330^2 = 0,11 \times 109000 = 10^4 \text{ ergs},$$

en chiffres ronds ou, en kilogrammètres, $10^4/10^8 = 10^{-4} = 0^{kg},0001$, et, par kilogramme d'animal, 1,4 kgm/sec.

Pendant la relevée $W = 0,7$ kgm/sec.

L'énergie minima nécessaire pour la propulsion ressort de même à $0^g,05$ pendant l'abaissée, ou par kilogramme d'animal à 0,1 kgm/sec environ et à 0,05 kgm/sec pendant la relevée.

Soit en conséquence une puissance de vol normal de

$$1,4 + 0,7 + 0,1 + 0,05 = 2,25 \text{ kgm/sec par kilogramme},$$

puissance à laquelle il faut ajouter l'excédent de puissance trouvée par des essais au frein dynamométrique et égale à 0,4 kgm/sec par kilogramme, d'où une puissance totale du moteur animal en question de 2,65 kgm/sec par kilogramme.

L'expérience ayant montré que le k des ailes de volucelle était inférieur à 0,01, la réaction de l'air sur le plan battant n'accroît guère la sustentation de l'insecte et ne provoque qu'une assez faible dépense d'énergie supplémentaire. Ajoutons enfin que nous n'avons pas tenu compte dans cette étude de l'effet de vide dû à l'abaissement des deux ailes et à leur relevée, ce qui a probablement pour résultat de créer une dépression au-dessus de l'animal aidant à sa sustentation et une dépression à l'avant facilitant sa progression.

PARASITOLOGIE. — *Sur le cycle évolutif d'un Ténia de Serpent.* Note de MM. **Ch. Joyeux** et **Jean-G. Baer**, présentée par M. M. Caullery.

Nous avons eu dernièrement l'occasion d'autopsier un certain nombre de Couleuvres, *Tropidonotus natrix* L., provenant des environs de Bologne (Italie), et avons constaté que toutes avaient l'intestin bourré de Cestodes. Un examen rapide nous a permis de voir qu'il s'agissait de Ténias rentrant dans le genre *Ichthyotænia* (*Crepidobothrium*). Vu l'état chaotique de ce genre, nous ne pouvons donner ici qu'une détermination provisoire en attendant la publication de notre travail définitif qui contiendra une révision complète de tout le groupe. Pour l'instant donc, nous rapportons notre Ver à *Ichthyotænia* (*Crepidobothrium*) *racemosa* (Rudolphi, 1819). La présence de ce Ver chez *Tropidonotus natrix* L. n'a encore jamais été signalée. D'autre part, c'est la première fois que l'on trouve un Ténia de ce genre en Europe.

Comme nous disposions d'un matériel abondant, nous avons tenté d'élucider le cycle évolutif de ce Ver. Les œufs ont 80 à 84 μ de diamètre; l'embryophore, à paroi chitineuse, mesure 30 à 38 μ de diamètre et l'embryon lui-même, 19 μ. Ces œufs ont été placés dans un bocal contenant plusieurs espèces d'Entomostracés appartenant aux genres, *Cyclops*, *Daphnia* et *Cypris*. Ils ont été également mis en contact avec des *Gammarus*. Seuls les *Cyclops* se sont infestés, les autres Crustacés restant indemnes.

Après dix-sept heures de contact avec les œufs, les *Cyclops* montrent des onchosphères libres dans leur cavité générale. Au bout de quarante heures, ces parasites sont très mobiles et mesurent 24 μ de diamètre. Six jours plus tard, les onchosphères ont 46 à 53 μ sur 23 μ. On voit apparaître de grandes cellules claires au centre de la larve. Au bout de neuf jours, l'accroissement est considérable, les larves très mobiles, s'allongent et se rétractent sans cesse; elles ont alors 110 à 222 μ de long, sur 72 à 76 μ de large. Douze jours après l'infestation, on trouve une larve procercoïde rudimentaire longue de 475 à 570 μ et large de 95 μ. Le scolex est ébauché à l'une des extrémités de la larve et l'on voit les six crochets de l'onchosphère à l'autre extrémité.

Au bout de quinze jours, la larve procercoïde est définitivement formée; elle a 665 μ de long; l'extrémité postérieure est pourvue d'un cercomer long

de 95 μ portant les crochets embryonnaires. Le scolex est bien visible et l'on aperçoit nettement, entre les quatre ventouses, une masse arrondie, formée de grosses cellules à contenu granuleux, et qui débouchent au sommet du scolex. Le corps du procercoïde contient des granulations calcaires d'assez grande taille, dont le nombre va en augmentant à partir de ce stade. Deux jours plus tard, le procercoïde a perdu sa queue, et le scolex est invaginé; *il s'est donc formé un plérocercoïde dans le Crustacé.*

Les *Cyclops* ainsi infestés ont été introduits dans un bocal contenant des Têtards de Grenouille rousse et des alevins, longs d'environ 3^{cm}, de Truite arc-en-ciel, provenant d'un établissement de pisciculture. Sept jours plus tard, nous avons retrouvé les plérocercoïdes dans la cavité générale des Truites. Mais jusqu'à présent nous n'avons pas réussi à infester les Têtards. D'autres expériences sont en cours, afin de déterminer si les Couleuvres peuvent s'infester directement en avalant des *Cyclops* contenant les plérocercoïdes. *Si tel était le cas, nous aurions ici un cycle abrégé dans lequel le deuxième hôte intermédiaire est facultatif, mais non nécessaire.*

A 15^h45^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17^h.

É. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances du mois de mai 1933 (*suite et fin*).

Le camphre et ses dérivés, par R. Cornubert. Paris, Masson et Cie, 1933; 1 vol. 26cm. (Présenté par M. M. Delépine.)

Les poissons et le monde vivant des eaux. Études ichthyologiques et philosophiques. Tome VI : *Le Littoral et la Haute-Mer*, par Louis Roule. Paris, Librairie Delagrave, 1933; 1 vol. 25cm,5. (Présenté par M. L. Joubin.)

Bibliographie de J. J. Berzelius, par Arne Holmberg. Première Partie : *Ouvrages imprimés.* Uppsala, Almövist & Wiksells Boktryckeri-A. B, 1933; 1 vol. 22cm,5.

Sur quelques Algues phéosporées de Guéthary (Basses-Pyrénées), par Camille Sauvageau. Extrait du *Bulletin de la Station biologique d'Arcachon*, Tome 30, 1933. Bordeaux, Imprimerie Delmas-Chapon-Gounouilhou; 1 vol. 24cm.

Nicolas Vauquelin (1763-1829). *Hommage des pharmaciens normands*, s. l., s. d.; 1 fasc. 24cm.

Les courants alternatifs. Méthodes générales pour le calcul des courants sinusoïdaux, par A. Blondel. In *Encyclopédie d'électricité industrielle.* Paris, J.-B. Baillière et fils, 1933; 1 vol. 23cm,5.

Résolution pratique des problèmes de discontinuité de fonctionnement dans les installations de chauffage central, par André Nessi et Léon Nisolle. Paris, Dunod, 1933; 1 vol. 27cm.

Il sistema Atomico dell' Universo. Teoria Fisica, par Petraroja Ludovico. Fasc. 1 (Puntate N. 1-2-3-4). Portici, E. Della Torre, 1933; 1 fasc. 27cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 JUIN 1933.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **N. E. Nörlund**, Correspondant pour la Section de Géométrie, qui assiste à la séance.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Fonctions sphériques. Formules générales de récurrence. Développement des fonctions non antipodes en séries de polynomes de Legendre et de Laplace.* Note de M. **Marcel Brillouin**.

1. Prenons comme variables à la surface de la sphère de rayon *un*, la longitude α, et $\log(\operatorname{tang}\theta/2) = \tau$, en appelant θ la colatitude, comme dans ma Note du 19 décembre 1932 (195, p. 1185). L'équation aux dérivées partielles des fonctions sphériques d'ordre n

$$\frac{\partial^2 S_n}{\partial\tau^2} + \frac{\partial^2 S_n}{\partial\alpha^2} + \frac{n(n+1)}{\mathrm{Ch}^2\tau} S_n = 0 \tag{3}$$

fournit immédiatement les équations de récurrence

$$S_{n+1} = G_n \left[\frac{\partial S_n}{\partial\tau} - (n+1)\,\mathrm{Th}(\tau)\,S_n \right] \tag{9}$$

et

$$S_{n+1} = -G_n \left\{ (2n+1)\,\mathrm{Th}(\tau)\,S_n + G_{n-1} \left[\frac{\partial^2 S_{n-1}}{\partial\alpha^2} + n^2 S_{n-1} \right] \right\}. \tag{10}$$

Erratum. — Cette dernière condition doit remplacer la condition, inexactement transcrite par inadvertance, donnée sous le même numéro (10), dans la Note déjà citée.

La suite des constantes G_n est arbitraire.

2. Prenons les S_n sous la forme $T_n^k \frac{\cos}{\sin}(k\alpha)$, k un nombre arbitraire réel ou imaginaire. Choisissant les constantes G_n d'accord avec la condition de Legendre

$$G_n^k = \frac{1}{n+1-k}; \tag{11}$$

les récurrences (9) et (10) deviennent

$$(n+1-k)T_{n+1}^k = \frac{\partial T_n^k}{\partial \tau} - (n+1)\operatorname{Th}(\tau)\, T_n^k, \tag{9'}$$

$$(n+1-k)T_{n+1}^k + (2n+1)\operatorname{Th}(\tau)\, T_n^k + (n+k)T_{n-1}^k = 0. \tag{10'}$$

L'équation différentielle donne aussi facilement

$$(n+1+k)T_n^k = \frac{\partial T_{n+1}^k}{\partial \tau} + (n+1)\operatorname{Th}(\tau)\, T_{n+1}^k. \tag{9''}$$

Étant directement tirées de l'équation différentielle de définition, ces équations de récurrence sont exactes *sans restrictions*. Deux d'entre elles seulement sont distinctes. De (9′) et (9″) je tire encore

$$-n(n+1-k)\frac{\partial T_{n+1}^k}{\partial \tau} + (n+1)(n+k)\frac{\partial T_{n-1}}{\partial \tau} = (2n+1)\left[\frac{n(n+1)}{\operatorname{Ch}^2\tau} - k^2\right] T_n^k. \tag{12}$$

3. Revenant aux variables habituelles, $\mu = \cos\theta = -\operatorname{Th}(\tau)$, je retrouve *en toute généralité* les formules classiques

$$(n+1-k)\, T_{n+1}^k = -(1-\mu^2)\frac{\partial T_n^k}{\partial \mu} + (n+1)\,\mu T_n^k, \tag{9'''}$$

$$(n+1-k)\, T_{n+1}^k - (2n+1)\,\mu T_n^k + (n+k)\, T_{n-1}^k = 0, \tag{10''}$$

$$(n+1+k)\, T_n^k = (1-\mu^2)\frac{\partial T_{n+1}^k}{\partial \mu} + (n+1)\,\mu T_{n+1}^k \tag{9^{IV}}$$

et

$$n(n+1-k)\frac{\partial T_{n+1}^k}{\partial \mu} - (n+1)(n+k)\frac{\partial T_{n-1}^k}{\partial \mu} = (2n+1)\left[n(n+1) - \frac{k^2}{1-\mu^2}\right] T_n^k, \tag{12'}$$

qui se réduit pour les polynomes de Legendre à

$$\frac{\partial P_{n+1}}{\partial \mu} - \frac{\partial P_{n-1}}{\partial \mu} = (2n+1)\, P_n, \tag{12''}$$

formule bien connue, qui donne $\int_{-1}^{\mu} P_n\, d\mu$ à l'aide de $P_{n-1}(\mu)$ et de $P_n(\mu)$, valable quel que soit l'ordre n réel ou complexe.

Le résultat n'est pas si simple pour les fonctions tessérales ($k \neq 0$); on pourra toutefois s'aider de la formule de récurrence générale

$$(13) \qquad n(n+1-k)\frac{T_{n+1}^k}{1-\mu^2} + (n+1)(n+1+k)\frac{T_{n-1}^k}{1-\mu^2} = \frac{\partial T_n^k}{\partial \mu}$$

pour le calcul du terme $\int_{-1}^{\mu} \frac{T_n^k \, d\mu}{1-\mu^2}$.

En particulier, si n et k sont entiers, T_k^k est égal à $1.3.5\ldots(2k-1)(1-\mu^2)^{\frac{k}{2}}$ et

$$\int_{-1}^{\mu} \frac{T_k^k}{1-\mu^2} d\mu = 1.3.5\ldots(2k-1)\int_0^{\frac{\pi}{2}} (\sin\theta)^{k-1} \, d\theta$$

est connue; la formule (13) sera alors utile pour toute valeur de n supérieure à k.

Les formules (9''') et (10'') conduisent facilement, quels que soient les nombres n, k, réels ou imaginaires, à la formule (2) donnée par M. Liénard (p. 1774 de ce volume).

Mes calculs ne me donnent pas de récurrence par rapport à k, et ne me permettent pas de retrouver la formule (3) de M. Liénard.

4. Je reviens aux fonctions multipolaires non antipodes. Ces fonctions, rattachées dans la Note de décembre 1932 à leurs points singuliers, sont évidemment développables, comme toute fonction de μ, α, en séries de polynomes de Legendre et de Laplace, qui seront divergentes aux points singuliers et convergentes partout ailleurs.

On pourra employer ces séries en toute confiance lorsque le domaine où elles sont utiles (l'océan, dans le problème des marées) est limité par des contours étendus contenant les points singuliers à leur intérieur.

J'ai obtenu pour la fonction $\log(1-\mu)$, à l'aide de laquelle on peut construire toutes les autres, le développement

$$(14) \qquad -\log(1-\mu) = 1 - \log 2 + \frac{3}{1,2} P_1 + \frac{5}{2,3} P_2 \ldots + \frac{2n+1}{n(n+1)} P_n \ldots.$$

La fonction sphérique d'ordre *zéro* la plus simple, formée avec deux pôles de masses $+1$ au point $\mu_1 \alpha_1$ et -1 au point $\mu_2 \alpha_2$, serait la série double (n, k entiers) ayant pour terme général

$$(15) \qquad + \frac{2n+1}{n(n+1)} \times 2\frac{(n-k)!}{(n+k)!} T_n^k(\mu) \times [T_n^k(\mu_2)\cos k(\alpha-\alpha_2) - T_n^k(\mu_1)\cos k(\alpha-\alpha_1)].$$

Il serait intéressant de savoir démontrer directement, sur la série (15), qu'elle représente une fonction sphérique *d'ordre zéro*. Plus généralement, il serait intéressant de savoir reconnaître sur une *série donnée par les coefficients de ses termes*, dans quels cas elle représente une fonction sphérique *d'ordre déterminé*, et quels sont ses points singuliers, isolés ou non.

PÉTROGRAPHIE. — *Diagnostic différentiel des brèches sédimentaires et des brèches tectoniques.* Note de M. L. CAYEUX.

Les controverses suscitées par la détermination de brèches des Pyrénées et d'ailleurs, ont mis en évidence l'impossibilité, dans certains cas, de fonder sur des données stratigraphiques un diagnostic qui échappe à toute critique. En raison du rôle capital dévolu aux brèches dans la tectonique moderne, il importe de faire appel à tous les éléments d'information pour établir un diagnostic non sujet à discussion. Dans cet ordre d'idées, les caractères fournis par la pétrographie me paraissent appelés à compléter très utilement les données empruntées à la stratigraphie, et je crois pouvoir ajouter qu'ils peuvent trancher, à eux seuls, la question de l'origine des brèches.

Par définition, une brèche sédimentaire est une brèche interstratifiée, alors qu'une brèche tectonique présente n'importe quelle orientation par rapport aux strates encaissantes, sans que soit exclue la possibilité d'un parallélisme avec les couches qui l'encadrent. De ce chef, on peut se trouver en présence d'insurmontables difficultés pour conclure en toute certitude.

Ceci posé, le diagnostic différentiel des deux types de brèches, à la lumière du microscope, met au tout premier plan la nature du ciment et ses rapports avec les matériaux qu'il agglutine. Toute brèche sédimentaire possède une gangue dont la caractéristique fondamentale est d'être génétiquement indépendante des éléments qui s'y trouvent inclus et de constituer, à elle seule, un véritable sédiment. Par exemple, telle brèche du Carbonifère franco-belge, composée de matériaux calcaires très variés, a pour ciment une ancienne vase très fine à Calcisphères, dont l'histoire est en tous points indépendante des débris qu'elle englobe. Inversement, dans une brèche tectonique, il y a entre les éléments en présence un lien génétique extrêmement étroit. Quelles qu'en soient les dimensions, tous procèdent d'un même dépôt, et le ciment n'est pas autre chose que le produit ultime des phénomènes d'écrasement qui ont engendré la structure bréchoïde. Et cela est vrai pour les brèches de n'importe quelle composition minéralogique.

Dire que le criterium des brèches sédimentaires est fourni par une *gangue-sédiment*, absente dans les brèches tectoniques, n'élude pas toutes les difficultés, rencontrées dans la pratique pour séparer à coup sûr les deux types de brèches. Il est des cas, en effet, où la nature sédimentaire de ladite gangue se reconnaît difficilement, par suite d'une recristallisation partielle ou totale. Au fond, la solution du problème est généralement une question de persévérance et de multiplication de coupes minces. Quoi qu'il en soit, il est nécessaire de sortir du domaine des généralités, et de passer en revue les différents caractères d'ordre pétrographique qu'on peut invoquer pour distinguer une mylonite d'une brèche sédimentaire, spécialement en milieu calcaire et dolomitique. De ces caractères, les plus décisifs, et de beaucoup, sont fournis par l'analyse microscopique.

1° Tous les matériaux d'une brèche tectonique, grands et petits, sont anguleux, et ils le sont d'égale façon, c'est-à-dire que la morphologie des éléments est indépendante de leur taille. Si le contraire n'est pas toujours vrai pour les brèches sédimentaires, il est indéniable que les plus grands éléments trahissent fréquemment une certaine usure par des contours à angles simplement émoussés ou subarrondis, et que la forme anguleuse est alors plus accusée dans les fragments de petite taille.

2° Dans une brèche tectonique, les matériaux observés, pour ainsi dire côte à côte, peuvent revêtir des dimensions variant du tout au tout, de véritables blocs gisant parfois au contact de débris tombant à peine sous les sens. A défaut d'un classement par ordre de grandeur des éléments d'une brèche sédimentaire typique, les dimensions sont généralement comparables, non dans toute la masse considérée, mais à des niveaux successifs. Ici, comme là, il n'y a point de règle absolue, et il faut envisager la possibilité d'un diagnostic incertain.

3° D'une manière générale, une différence minéralogique notable entre les éléments bréchoïdes et le ciment doit être mise au compte des caractères sédimentaires, réserve faite, bien entendu, pour les phénomènes de silicification et de minéralisation, susceptibles d'affecter secondairement la gangue seule, tout aussi bien des brèches sédimentaires que des mylonites.

L'existence de minéraux détritiques, comme le quartz, inclus dans la gangue, et absents dans les matériaux remaniés, ou représentés dans une tout autre proportion, est une donnée révélatrice de l'origine sédimentaire.

Dans ce domaine les différences pétrographiques, entre la gangue et les débris qu'elle relie, sont particulièrement instructives. A titre d'exemple, je signalerai une brèche triasique de Bourg-Saint-Maurice (Savoie), appar-

tenant à la nappe du Briançonnais, et rangée dans les mylonites. Or les éléments essentiels, qui communiquent à la roche une structure bréchoïde, sont de nature *dolomitique*, alors que le ciment est *calcaire*. Une pareille indépendance des matériaux bréchoïdes et de la gangue ne se conçoit pas si la brèche est d'origine tectonique, attendu que dans toute brèche engendrée par des agents dynamiques, les éléments gros et petits dérivent du même complexe, ce qui implique entre eux une étroite parenté pétrographique. Il s'ensuit que la brèche en question doit être classée parmi les brèches sédimentaires.

4° A lui seul, par ses manières d'être, le carbonate de chaux fournit également un élément de diagnostic. Est-il plus ou moins recristallisé, très riche en clivages et macles rectilignes ou courbes, ou simplement déformé optiquement, et, par surcroît, d'aspect sale et opaque, la brèche est d'origine dynamique dans la presque totalité des cas. La réserve vise les brèches sédimentaires modifiées par métamorphisme mécanique.

S'agit-il d'un carbonate de chaux très finement cristallisé, jouant le rôle de gangue, il est généralement facile de s'assurer qu'il a sa source ou non dans l'écrasement des matériaux qui impriment à la roche un caractère bréchoïde. Dans l'affirmative, on le voit s'élaborer à leurs dépens, tantôt à la périphérie, et tantôt à l'intérieur des éléments. Un ciment, de pareille finesse et d'origine sédimentaire, réserverait une place à des débris organiques, ne fût-ce que de loin en loin. En l'état de nos connaissances, il n'en existe aucune trace dans les gangues microgrenues, résultant d'un phénomène d'écrasement. Il arrive fréquemment que les produits ultimes du broyage des calcaires témoignent d'un léger allongement des granules calcaires et, parfois, d'une ordonnance en files plus ou moins distinctes. On chercherait en vain la trace d'une distribution analogue dans les gangues très fines des brèches sédimentaires.

5° La présence dans le ciment de restes organiques, et surtout de microorganismes intacts, comme c'est le cas pour maints représentants de la « grande brèche » du Dinantien belge, ou bien encore l'existence d'organismes différents dans la gangue et les matériaux de la brèche, sont également des témoignages de premier ordre à invoquer en faveur de l'origine sédimentaire.

6° Les rares exemples de fragments de brèches remaniés, et réincorporés au dépôt dont ils procèdent, comptent parmi les meilleures caractéristiques des brèches sédimentaires.

En définitive, la discrimination si désirable des brèches sédimentaires et

des vraies mylonites peut se faire par voie pétrographique, à la lumière de maints caractères, et sans qu'il en résulte la moindre ambiguïté, pour peu que l'examen micrographique soit poussé à fond et qu'il porte sur une série d'échantillons. L'analyse d'un grand nombre de matériaux fait ressortir avec évidence la nécessité d'une révision des brèches, dites tectoniques. C'est chose absolument certaine qu'il y en a parmi elles de purement sédimentaires, et que leur diagnostic n'a pas toujours été établi avec la rigueur désirable. A mon sens, l'analyse des brèches au microscope doit servir d'introduction à toute étude de phénomènes de charriage, appelée à tirer argument de leur existence.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence des hautes latitudes sur la culture du Blé.* Note de M. J. **Costantin**.

C'est en 1873 que le grand agronome suédois Schübeler publia les résultats de ses belles recherches concernant l'influence des hautes latitudes sur la culture du Blé. Dès 1852, il avait eu l'idée de semer dans l'extrême nord de son pays des graines de céréales récoltées à Hohenheim, près de Stuttgart. Tandis que la durée de la végétation du Blé était de 120 jours dans le Wurtemberg, après cinq années d'accommodation en Haute Scandinavie, 70 jours suffisaient à la *même variété* pour achever sa maturation; en outre, un changement se manifestait dans les graines, car elles étaient nettement plus lourdes. Or, en réexpédiant, au bout de ce temps, en Allemagne les semences récoltées dans le Nord, on constatait l'ébauche d'une nouvelle race, car: 1° la durée de là végétation se manifestait avec ses caractères de brièveté; 2° les graines restaient plus lourdes qu'auparavant (1). Pourquoi des résultats aussi importants pour l'Agriculture n'ont-ils pas pénétré dans le domaine pratique? C'est là un fait très étrange que je vais tâcher d'expliquer.

D'abord la doctrine transformiste a été longtemps suspecte, car Lamarck était mort en 1829 dans l'opprobe, à la suite de l'esclandre des Tuileries (1809) (2) et, vers 1852,

(1) Schübeler, *Die Pflanzenwelt Norwegens*, 1, 1873, p. 92. Voir J. Costantin, *L'hérédité acquise* (*Scientia*, n° 12, 1901, p. 32). *Le transformisme appliqué à l'Agriculture* (*Bull. sc. inter.*, 106, 1906, p. 71).

(2) Napoléon lui reprocha violemment de déshonorer la Science en publiant son *Almanach météorologique;* il feignait d'ignorer que Lamarck lui présentait la *Philosophie zoologique*, car il était très bien renseigné, « mais Sire! c'est un Ouvrage d'his-

personne n'admettait une conception aussi subversive. En 1855, Weismann alors étudiant a raconté que personne ne parlait des questions d'origine des êtres vivants dans les cours des Universités d'Allemagne (pas plus d'ailleurs que dans celles de France), comme si tous les professeurs avaient bu « les eaux du Léthé ».

C'est en 1858 que Darwin publia son ouvrage célèbre sur « l'Origine des espèces » qui eut un retentissement énorme; mais comme il était hostile à Lamarck, celui-ci resta déconsidéré. Plus tard, en 1873, quand Schübeler publia son Mémoire, les idées lamarckiennes n'avaient toujours pas cours, car sous l'influence de Weismann et de Wallace le néo-darwinisme proclamait l'impossibilité de l'action persistante du milieu.

Plus tard, vers 1900, quand la théorie de la mutation triomphe avec la glorification de la loi de Mendel grâce à de Vries, l'hérédité des caractères acquis fut déclarée non seulement fausse mais même inconcevable (¹).

Or, c'est la notion fondamentale de Lamarck; les expériences de Schübeler, qui semblaient l'appuyer, furent battues en brèche. A propos de l'adaptation des Blés, on invoqua une expérience de Metzger sur l'hybridation du Maïs qui pouvait faire croire que Schübeler s'était lourdement mépris. C'était inexact, le climat nordique et l'hybridation sont deux choses absolument distinctes.

Je crois pouvoir assurer que si Schübeler a vu juste, la morale n'a pas à redouter ses résultats, et l'Agriculture a beaucoup à gagner. S'il en est bien ainsi, la Science, sous la forme du lamarckisme, montrera qu'elle est essentiellement bienfaisante et qu'elle doit jouer demain un rôle capital dans l'évolution humaine.

J'ai commencé l'an dernier avec mes collaborateurs des essais sur le Blé, afin de voir si Schübeler s'était trompé. Nous avons cherché à connaître, non l'influence de la latitude, problème que je crois très complexe, mais l'influence de l'altitude, question qui sera peut-être plus simple.

L'étude que je viens de faire de documents officiels publiés récemment par le Ministère du Commerce du Canada (section de l'Agriculture) (²) m'a montré combien il est difficile d'établir le rôle de la latitude, facteur

---

toire naturelle » (paroles rapportées par Arago, qui était derrière l'auteur d'un ouvrage qui sera immortel). Quelques semaines après (début de 1810) paraissait un décret soumettant tous les livres scientifiques à la censure. Les Almanachs cessèrent de paraître et Lamarck fut ruiné.

(¹) Parmi les adversaires de l'hérédité des caractères acquis, on doit mentionner le grand philosophe Bergson (*Évolution créatrice. — Les deux sources de la morale et de la religion*, p. 82 et 294) qui espérait ainsi anéantir l'œuvre de son adversaire Herbert Spencer dont la philosophie « repose à peu près entièrement sur l'hérédité des caractères acquis ».

(²) *Bulletin mensuel de statistique agricole* (*Canada, bureau fédéral de statistique*, **24**, nº 269, janvier 1931, p. 1 à 49, avec une carte et une planche; **26**, nº 293, janvier 1932, p. 1 à 34, avec carte et planche, Ottawa).

mélangé à beaucoup d'autres. Si Schübeler a pu voir clair, c'est qu'il a employé l'expérimentation, car les simples observations conduisent à bien des déceptions : je vais en fournir la preuve.

En examinant la *carte des rendements à l'acre* du Blé dans les provinces canadiennes des prairies *pour* 1930, on est tout de suite frappé par *l'accroissement de la productivité dans les hautes latitudes* et cela dans les provinces d'Alberta Saskatchewan, Manitoba, à l'est du lac Winnipeg. La teinte d'un noir uniforme qui correspond sur cette carte aux plus fortes récoltes à l'acre (26 boisseaux au moins) est limitée par une courbe qui présente un saillant vers le nord; les territoires couverts de ces riches moissons s'avancent au milieu des terres stériles comme un cap proéminent au bord d'un océan; à une certaine distance, plus au nord et un peu à l'ouest du cap, on voit réapparaître le Blé sur un territoire isolé, comme une île au milieu de la mer : là encore la récolte est maximum (26 boisseaux au moins) et la teinte de l'îlot est encore uniformément noire. A droite du cap noir et au-dessous, on trouve dans le Saskatchewan quatre zones *de moins en moins productives et la diminution s'accentue à mesure que la latitude décroît et cela avec une régularité et une netteté frappantes :* à mesure que l'on se rapproche de la frontière sud du Canada, on rencontre successivement les rendements suivants, caractérisés par des grisés différents, dans l'ordre suivant : 24 à 22 boisseaux à l'acre, puis 22 à 20, 20 à 18, 18 à 16, 16 à 14, 14 à 12, 12 à 10 et enfin 10 boisseaux.

Il y a cependant *deux irrégularités* à la règle précédente :

1° Tout à fait à l'Ouest, on remarque *au-dessous* d'une zone à 16-14 boisseaux, un district à 22-20 boisseaux, qui est cependant *plus au Sud*; il me paraît que c'est l'*influence des premiers paliers des montagnes rocheuses* qui se fait sentir à l'ouest de la province d'Alberta; malheureusement la carte est purement agricole et aucun relief n'est représenté; ce serait nécessaire pour affirmer que l'*altitude* produit le relèvement du rendement.

2° Au-dessous des lacs Wennipegosis et Wennipeg, une autre irrégularité s'observe, dont je n'ai pas entrevu d'explication plausible; mais on va voir qu'*en* 1932 *la règle s'est trouvée rétablie dans cette région*.

En examinant la carte analogue des rendements à l'acre des *mêmes régions pour* 1932, on est un peu dérouté. D'abord la *zone noire a disparu* parce que le maximum a été moins élevé (24 boisseaux au moins) et a été caractérisée par un grisé. Ce n'est d'ailleurs pas dans le Nord qu'on observe cette année-là le *maximum, car il a été rencontré près de la base des montagnes rocheuses*, sur les premiers contreforts évidemment. Ces différences avec l'année 1930 sont attribuables à des *conditions climatériques annuelles qui ont été défavorables dans le Nord*.

Malgré cela, on constate, avec une régularité incontestable, la *décroissance progressive des rendements à mesure qu'on se rapproche de la frontière sud du Canada* : cela est net dans l'Alberta, dans le Saskatchewan. Mais, en outre, la décroissance du nord au sud est d'une extrême netteté dans la région des deux lacs cités plus haut, surtout à l'ouest et au sud du lac Winnipegosis, région qui présentait une irrégularité en 1930.

Je ne puis analyser ici toutes les constatations que j'ai pu faire sur la productivité

des provinces du Dominion qui ne sont pas représentées sur les deux cartes précédentes : Québec, Ontario, Ile du Prince Édouard, Nouvelle Écosse, Nouveau-Brunswick; on y cultive aussi le Blé et l'on voit combien le grand colonisateur français Champlain avait raison quand il signalait à Richelieu « les terres à Blé » de la Nouvelle France.

J'ai pu également consulter les statistiques des récoltes de Blé aux États-Unis (1) en 1930 et 1931. J'avoue franchement que je n'ai pas retrouvé l'influence de la latitude; je crois que trop de facteurs entrent ici en jeu.

Il me paraît donc certain que l'observation seule ne permettra pas de résoudre un problème si compliqué.

Je crois cependant à l'exactitude des résultats de Schübeler; d'abord parce qu'ils découlent d'expériences et que c'était un savant très sérieux, inspirant toute confiance; ensuite parce qu'ils ont été contrôlés par de Candolle (1875), Wittmack (1876), Petermann (1877), etc.; enfin parce que des résultats absolument analogues sur *l'influence héréditaire de l'altitude ont été prouvés pour la Canne à sucre* et *commencent* à l'être pour la Pomme de terre.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'habitus, ou individualité biologique, des hybrides de Crucifères* (Cheiranthus, Erysimum, Mathiola, Lunaria). Note de M. L. **Blaringhem**.

La diversité des individus dérivés de l'hybride intergénérique *Cheiranthus Cheiri* ♀ × *Erysimum Cheiranthoïdes* ⚥ m'engage à définir l'*habitus*, disposition naturelle propre à chaque plante issue de graine, comprenant l'organisation morphologique, le tempérament physiologique, surtout l'évolution sexuelle innée, par opposition au mot *comportement* qui implique l'idée d'une réaction de l'individu à l'ambiance.

Le point de départ fut une Giroflée sauvage, femelle par avortement des étamines, que je considère comme un hybride accidentel de *Cheiranthus* pollinisé par *Erysimum*; j'en ai décrit l'aspect et la descendance (F_2) femelle réduite à 12 individus classés en 3 *Cheiranthus*, 7 *Erysimum* et 2 intermédiaires (2). En réalité, il n'y avait pas deux individus semblables et, de même, dans les semis (F_3) et (F_4) comprenant plus de 300 plantes, il n'y

(1) *Crops and Markets, United States Department of Agriculture*, 8, n° 12, décembre 1931; *Annual revisions*, décembre 1932.

(2) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 124.

a ni retours, ni classement possible en quelques catégories; la fréquence des individus femelles a beaucoup diminué (15 à 40 pour 100 selon les descendances). Chaque individu dérivé constitue une individualité biologique, défini par son habitus.

Cette disposition apparaît dès la rosette, étalée ou dressée, maigre ou fournie, à feuilles pointues ou mousses, de forme ovale ou lancéolée, étroite ou large. Des mesures, des rapports de mensuration permettraient des classements en types, mais ne traduiraient pas la *diversité fondamentale* qui s'accentue avec l'âge; quelques plantes meurent, la plupart donnent des axes épais, ronds ou cannelés à divers degrés, couverts de feuilles denses ou éparses, terminés par des grappes serrées ou lâches de boutons et de fleurs.

Le début de l'anthèse trahit plus encore la diversité; les premières fleurs rayonnent autour de la grappe condensée; sur certains individus une fleur par jour, sur d'autres deux fleurs, sur d'autres une fleur tous les deux, ou trois ou quatre jours, s'épanouissent et accentuent le contraste du développement plus ou moins accéléré des grappes. Mais il faut reconnaître que *toutes les pousses d'un même individu sont identiques et restent identiques,* à l'âge près, *au cours de plusieurs semaines*, de plusieurs mois, d'une année à l'autre. L'épuisement des axes floraux apparaît simultanément pour une plante donnée et lorsqu'on y remédie par des tailles ou des pincements, le développement des rosettes de remplacement, des grappes adventives se produit avec des caractères toujours les mêmes pour un individu donné et toujours nettement divergent d'individu à individu.

L'analyse de la sexualité des fleurs et de la fécondité fut l'objet d'études minutieuses. Pour (F_2), je l'ai dit, les douze descendants furent femelles en 1931; l'hiver de 1931-1932 en détruisit 9; ont résisté une plante du type *Cheiranthus*, qui resta ♀, deux plantes du type *Erysinum*, l'une strictement femelle, l'autre à staminodes allongés stériles jusqu'au 12 mai 1932, donnant de rares grains de pollen actifs à cette date et bientôt des anthères bourrées de bon pollen; cette dernière vit encore (1933) et dès le début de la saison fut hermaphrodite. Or, et ce fait définit bien l'individualité biologique, le virage du type fleur femelle au type hermaphrodite se produisit exactement à la même date et suivant le même processus sur la douzaine de hampes fleuries, d'âges différents, que portait l'individu. Le pollen fut recueilli d'abord avec soin, puis utilisé sans ménagements pour les trois individus isolés; j'en ai des lignées (F_3) bien vigoureuses, actuellement à l'état de rosettes.

Les autres séries (F_3) sont les produits des ♀ (F_2-1931) pollinisés arti-

ficiellement soit par *Cheiranthus*, soit par *Érysimum;* j'en ai conservé un lot de 71 plantes, laissées dans le châssis de repiquage, qui ont fructifié en 1932 et en 1933; 17 furent strictement femelles et pollinisées à la main; 8 femelles ont viré avec l'âge à l'état hermaphrodite; les autres donnèrent du bon pollen dès les premières fleurs, la plupart du type *Erysimum* autofertiles. Par leurs produits, par la compacité et l'évolution des grappes, ces individus diffèrent les uns des autres par un habitus bien caractérisé.

L'analyse des fleurs peut être poussée plus loin. Chez les individus femelles et apétales le style est saillant alors que la fleur ressemble à un bouton; les stigmates arrondis (type *Erysimum*) ou ovale bilabié (type *Cheiranthus*) avec les intermédiaires sont identiques pour toutes les fleurs d'un même pied mais varient d'un pied à l'autre; la réceptivité au pollen même diffère d'une plante à l'autre comme le prouvent des pollinisations simultanées à partir d'une même fleur. Pour les fleurs hermaphrodites, les filets sont de longueur variable d'une plante à l'autre; le pollen est à point lorsque l'intervalle du sommet de l'anthère au stigmate est de 1, 1,5, 2, ...; 4^{mm}, distance variable d'individu à individu mais d'une constance remarquable sur le même individu. Et c'est vraiment, à cette phase particulière du début de l'anthèse, que la diagnose de l'habitus est la plus facile et la plus nette.

La mutation initiale et l'hybridité entre genres ont contribué évidemment à caractériser l'individualité des descendants. Toutefois, l'individualité est la règle dans la nature, par exemple chez les *Matthiola sinuata* RBr. et *M. tricuspidata* RBr. et ne différe guère de celle que je provoque en croisant entre elles deux variétés blanches bien homogènes de Giroflée quarantaine (*Matthiola annua* Sw.) du commerce. Dès (F_1) apparaissent des habitus multiples, donnant un choix illimité au sélectionneur. Toutes ces lignées pures ou métisses sont autofécondes et d'une fertilité complète.

J'ai étudié les mêmes phénomènes depuis 1924, soit quatre générations, sur des lignes pures ou métisses de Monnaie du pape (*Lunaria biennis* Mn.), race à fleurs rouges et feuilles panachées croisée avec une race à fleurs blanches et à feuilles vertes. Les points de départ offrent un habitus bien stable; au contraire sur les récessifs blancs je distingue au moins trois cas: le pollen n'est pas libéré lorsque les anthères dépassent le stigmate, ou bien le pollen est libéré lorsque les anthères atteignent le stigmate, ou bien le pollen est libéré alors qu'un intervalle de 2^{mm} sépare les anthères des stigmates. Toutes les fleurs d'un même individu se comportent strictement de la même façon et nous retrouvons, *dans la ségrégation d'un métis parfaite-*

ment fertile, *la diversité des habitus* constatée dans la descendance presque stérile en (F_2) et (F_3) du croisement *Cheiranthus* × *Erysimum*.

Lunaria biennis se prête d'ailleurs à des substitutions de boutons par traumatismes qui entraînent des fascies de grappes et de fleurs, fournissent à volonté des fruits à trois et même quatre valves; il suffit de couper les rameaux avant l'épanouissement des fleurs pour provoquer le développement, à l'aisselle des bractées de ces rameaux, d'axes aplatis à floraison monstrueuse. Cette expérience réussit avec les trois types récessifs de *Lunaria* à fleurs blanches, et je n'ai pu constater la moindre altération de l'*habitus* défini par l'écart des étamines et des stigmates lors de la mise en liberté des pollens, qui se maintient au type même de l'individu, malgré l'altération profonde dans l'assemblage des organes floraux.

La notion de l'*habitus*, disposition propre à l'individualité, rendra de grands services dans les analyses d'hybrides de Pavots, de Digitales, d'Hémérocalles, de Graminées et aussi des Céréales autofécondées telles que les Orges et les Blés. Ses conséquences sont particulièrement nettes chez les Crucifères, famille caractérisée par le développement régulier et la lignification rapide des axes floraux, par la diversité des fruits et des graines opposée à la régularité du type floral, et surtout par la transmission héréditaire si marquée des caractères de la fleur et des fruits, qui a fait adopter les *Draba*, les *Thlaspi* pour la démonstration rigoureuse de l'existence des petites espèces dans la nature. C'est pourquoi j'ai choisi mes exemples dans cette famille, et j'en ai beaucoup d'autres aussi convaincants, pour définir la notion de l'*habitus*, disposition naturelle de l'individu écarté de la moyenne spécifique, comme la diathèse ou le tempérament distinguent le malade de l'homme moyen.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les chlorures triaquochromique et biaquochromique.* Note [1] de M. A. Recoura.

Dans un Mémoire antérieur [2], j'ai décrit deux modes de préparation faciles à réaliser, qui m'ont permis d'obtenir le chlorure triaquochromique $[Cr(H^2O)^3Cl^3]$, c'est-à-dire le quatrième terme (*non électrolyte*) de la série wernerienne des chlorures chromiques hydratés, les trois autres, déjà connus, étant :

---

[1] Séance du 12 juin 1933.

[2] *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 229.

$[Cr(H^2O)^6]Cl^3$ chlorure hexaquochromique (chlorure gris de Recoura);

$[Cr(H^2O)^5Cl]Cl^2, H^2O$ chlorure pentaquochromique (chlorure vert de Bjerrum);

$[Cr(H^2O)^4Cl^2]Cl, 2H^2O$ chlorure tétraquochromique (chlorure vert de Recoura).

Dans les deux procédés je pars du chlorure tétraquochromique, forme habituelle du chlorure hydraté. Dans l'un, ce chlorure maintenu quelques jours dans le vide perd $2H^2O$, et le nouveau produit $[Cr(H^2O)^4Cl^2]Cl$ est dédoublé par l'éther en 2^{mol} de chlorure triaquochromique $[Cr(H^2O)^3Cl^3]$, *chlorure brun soluble dans l'éther* et 1^{mol} de chlorure vert tétraquochromique $[Cr(H^2O)^4Cl^2]Cl, 2H^2O$ insoluble dans l'éther. Dans l'autre, j'obtiens le même dédoublement, sans déshydratation préalable, en dissolvant le chlorure tétraquochromique bihydraté dans l'acétone. Dans les deux procédés, j'obtiens le chlorure brun en dissolution dans l'éther.

Je vais faire connaître dans cette Note quelques-unes de ses propriétés.

La solution éthérée est brune, légèrement violette par transparence. Elle se conserve inaltérée, pourvu qu'elle soit à l'abri de l'air humide, dont la moindre trace transforme le chlorure brun en chlorure vert insoluble dans l'éther. Évaporée, à l'abri de l'air humide, elle donne un produit solide, amorphe, brun $CrCl^3, 3H^2O$. Ce produit brun absorbe l'humidité de l'air avec une extrême rapidité, en se transformant en quelques instants en chlorure vert insoluble dans l'éther.

Dissous dans l'eau, le chlorure brun donne une liqueur vert jaunâtre, *très instable*, qui se transforme en quelques minutes, en une liqueur vert franc, qui est la dissolution du chlorure tétraquochomique. La dissolution vert jaunâtre instable est, comme je vais le montrer, constituée par un hydrate du chlorure brun triaquochromique.

Étant donnée la grande instabilité de la dissolution aqueuse du chlorure brun, c'est-à-dire la très grande fragilité du complexe triaquochromique en dissolution aqueuse, je n'avais pas réussi tout d'abord à mettre en évidence la dissimulation des trois atomes de chlore et je m'étais contenté de la manifester dans la dissolution éthérée. Dans ce but j'avais fait réagir cette dissolution éthérée sur une dissolution éthérée de plomb tétraéthyle et j'avais constaté qu'aucune réaction ne se produisait, même au bout de plusieurs heures, tandis que d'autres chlorures métalliques solubles dans l'éther (chlorure d'or, chlorure ferrique, chlorure mercurique) donnaient avec ce réactif un précipité immédiat. Mais ce n'était pas là une preuve satisfaisante.

J'ai enfin réussi à mettre en évidence dans la solution *aqueuse* la dissimulation de la *totalité* du chlore, à condition d'opérer à une température suffisamment basse. A zéro degré le complexe est encore trop fragile et le nitrate d'argent donne un léger précipité. Mais, *à quinze degrés au-dessous de zéro*, il n'y a pas de précipité pendant le premier quart d'heure. Pour cela, j'ai dû additionner la dissolution aqueuse d'une quantité d'alcool suffisante pour empêcher sa congélation. Bien entendu il faut prendre en outre toutes les précautions habituelles dans ce genre de réactions des complexes imparfaits (dilution, liqueur acide, etc.). Ainsi donc le chlorure brun que j'ai isolé est bien le chlorure triaquochromique prévu par la théorie de Werner, dans lequel tout le chlore est dissimulé. Sa dissolution aqueuse instable vert jaune renferme un hydrate de ce chlorure, hydrate qui est insoluble dans l'éther.

Chlorure biaquochromique ou chlorure violet. — J'ai isolé un cinquième hydrate de chlorure chromique que ne prévoit pas la théorie de Werner. Il se produit dans les circonstances suivantes. Si l'on maintient dans le vide sec pendant un temps suffisant (plusieurs années) le chlorure brun, ou même le chlorure vert tétraquochromique, il se transforme en une matière d'un beau violet, entièrement soluble dans l'éther, en donnant une liqueur d'un violet magnifique. Ce chlorure ne renferme que deux molécules d'eau $CrCl^3, 2H^2O$. Il ne rentre donc pas dans le cadre de la théorie de Werner. Pour l'y faire rentrer il faut doubler sa formule et l'écrire ainsi : $\left[\begin{matrix} Cr(H^2O)^2Cl^3 \\ | \\ Cr(H^2O)^2Cl^3 \end{matrix}\right]$. Sa dissolution dans l'eau est identique à celle du chlorure brun.

Pertes de chlore par le chlorure brun. — Au cours de ces recherches, j'ai observé que, quand on évapore la solution éthérée du chlorure brun (à l'abri de l'air humide, bien entendu), ou bien, si on le conserve dans le vide sec, il perd un peu de chlore, ou plutôt, vraisemblablement de l'acide chlorhydrique. Ainsi, après l'évaporation de la solution éthérée, j'ai constaté que le chlorure brun a perdu, dans cette évaporation, un dixième d'atome de chlore. En répétant cette opération un grand nombre de fois sur un même échantillon, c'est-à-dire en le soumettant à des évaporations et des redissolutions dans l'éther répétées successivement, j'ai réussi à faire perdre au chlorure brun jusqu'à un atome de chlore et à obtenir un chlorure ne renfermant que deux atomes de chlore, c'est-à-dire un chlorure chromique basique. Il y a là un phénomène dont le mécanisme reste à expliquer. La question des chlorures chromiques hydratés n'est donc pas close, bien qu'elle ait provoqué, depuis mon premier travail, publié en 1886, une soixantaine de mémoires des auteurs les plus divers.

M. **H. Lecomte** fait hommage à l'Académie de la 49e livraison de la *Flore générale de l'Indochine*.

Ce fascicule comprend la famille des *Apocynacées* par feu J. Pitard.

M. **J. Hadamard** fait hommage à l'Académie d'un mémoire intitulé : *La propagation des ondes et les caustiques*.

M. **Seiitirô Ikeno** fait hommage à l'Académie de son Ouvrage : *Verkaro Botanika*.

NOMINATIONS.

L'Académie charge le **Bureau** et la **Section de Botanique** de la représenter à l'inauguration du buste de Léon Guignard à la Faculté de pharmacie, le 26 juin, à $16^h 30^m$.

M. **M. Caullery** est désigné pour faire une Lecture à la séance publique solennelle des cinq Académies, le 25 octobre 1933.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Associé étranger, en remplacement de sir *Ray Lankester* décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 50,

M. Pieter Zeeman obtient.............	49 suffrages
M. Amé Pictet »	1 »

M. **Pieter Zeeman**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° J. Challeat. *Histoire technique de l'Artillerie de terre en France pendant un siècle* (1816-1919). Tome premier (1816-1880).

2° *Contribution à l'étude géologique de la chaîne de la Marche et du plateau d'Aigurande* (nord-ouest du Massif central français), par Yang Kieh.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *La plus petite valeur parmi les plus grandes.* Note de M. **E. J. Gumbel**, présentée par M. Émile Borel.

Soit $w(x)$ la répartition d'une variable statistique x pour laquelle $w(x) \to 0$ et $W(x)$ la probabilité d'une valeur inférieure à x. Quelle sera la plus petite valeur parmi les m les plus grandes, pour $N (\geqq m)$ observations?

M. von Mises (*Sitzungsberichte der Berliner Mathematischen Gesellschaft*, 5, oct. 1932) a donné les conditions pour que l'espérance mathématique $\overline{x}_\omega$ pour la plus grande valeur parmi N observations puisse être déduite de l'équation

$$W = 1 - \frac{1}{N}.$$

Ce résultat n'est que le cas spécial $m = 1$ de notre question : On montre facilement que l'espérance mathématique $\overline{x}_{\omega,m}$ peut être calculée, pourvu que les mêmes conditions soient remplies par l'équation analogue

$$W = 1 - \frac{m}{N}. \tag{1}$$

En traitant la répartition de la variable statistique $x_{\omega, m}$

$$(2) \qquad \mathfrak{w} = \binom{N}{m} m W^{N-m} (1 - W)^{m-1} W,$$

sa valeur la plus probable sera donnée par la même formule à condition que

$$(3) \qquad \frac{w'}{w} = -\frac{w}{1 - W},$$

ce qui est identique à la règle de L'Hopital pourvu que

$$w'(x) \to -\sigma.$$

Cette égalité entre la valeur probable et la plus probable de la variable $x_{\omega 1 m}$ peut être utilisée pour calculer une première approximation de l'erreur moyenne σ_m de la répartition $\mathfrak{w}$ considérée comme Gaussienne par

$$(4) \qquad \sigma_m = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\, N w(x_{\omega 1 m}) \psi(m)},$$

où $\psi(m)$ est la loi bien connue des événements rares. En première approximation l'erreur moyenne décroît proportionnellement à la racine carrée de m.

Si spécialement $w(x)$ est une répartition de Gauss avec la valeur moyenne ξ et la précision h, les conditions de M. von Mises et la condition (3) sont remplies. On obtient la valeur probable et la plus probable $\bar{x}_{\omega 1 m}$ de la plus petite valeur parmi les m les plus grands pour N observations par

$$(5) \qquad \bar{x}_{\omega, m} = \xi + \frac{t_{\omega, m}}{h},$$

où $t_{\omega, m}$ sera calculé par

$$(6) \qquad \frac{N}{2m} = \frac{1}{1 - \Phi(t_{\omega, m})}$$

à l'aide des tables de l'intégrale Φ de Gauss.

En première approximation on obtient pour de très grandes valeurs de N

$$t_{\omega, m} = \sqrt{\log N - \log m}.$$

L'erreur moyenne sera

$$(7) \qquad \sigma_m = \frac{1}{2\sqrt{2\pi}\, m \Psi(m) h\, t_{\omega, m}}$$

L'égalité au moins asymptotique entre la moyenne arithmétique et la valeur la plus probable repose sur la condition

$$2t^2_{\omega,m} \gg 1.$$

Donc les trois dernières formules ne sont valables que si le nombre des observations N est au moins de l'ordre de grandeur 10^5.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le nombre des différentielles d'un système de Pfaff.* Note de M. **G. Vranceanu**, présentée par M. Élie Cartan.

Dans un travail récent, M. J. M. Thomas (1) s'occupe du problème de trouver le nombre minimum de différentielles qu'on peut laisser figurer dans un système de Pfaff, en appelant *espèce du système* la différence entre ce nombre et le nombre d'équations indépendantes du système.

J'ai été aussi conduit, de ma part, à m'occuper de ce même problème en relation avec le nombre minimum de différentielles qu'on peut laisser figurer dans la métrique d'un espace non holonome. Les résultats que j'ai trouvés ne sont pas couverts par ceux de M. J.-M. Thomas, parce qu'il s'occupe pour le moment seulement des systèmes d'espèce un, et puis sa méthode consiste dans l'intégration de certaines formes différentielles, associées au système de Pfaff, tandis que ma manière est algébrique et basée sur l'introduction de la notion de *système intégré* d'un système de Pfaff.

Soit

$$\text{(S)} \qquad ds^h = \lambda^h_i\, dx^i = 0 \qquad (h = 1, 2, \ldots, m; \quad i = 1, 2, \ldots, n)$$

un système de Pfaff de m équations à n variables. Les covariants de ce système peuvent s'écrire

$$\text{(1)} \qquad \Delta s^h = \delta\, ds^h - d\, \delta s^h = w^h_{k'l'}\, ds^{k'}\, \delta s^{l'} \qquad (k', l' = m+1, \ldots, n),$$

où $ds^{h'} = \lambda^{h'}_i\, dx^i$ sont $n-m$ formes, qui, associées aux m formes ds^h, constituent n formes indépendantes (2).

On sait que le système S est complètement intégrable si les covariants (1) sont nuls ($w^h_{k'l'} = 0$) et, en ce cas, le nombre minimum de différentielles de S est m, et par conséquent l'espèce est zéro. Dans le cas général, seuls les covariants (1) qui correspondent aux équations du système dérivé S' de

(1) *Pfaffian systems of species one* (*Trans. Amer. Math. Soc.*, 35, 1933, p. 356).

(2) Voir mon travail, *Bul. Fac. Stiinte Cernauti*, 5, 1932, p. 179.

S sont nuls. Pour annuler aussi les autres covariants (1), il faut associer au système S un certain nombre d'équations nouvelles. Soit p le nombre minimum d'équations qu'on doit associer et soit S_1 le système de $m+p$ équations ainsi obtenu. On voit que ce système S_1 contient le système S et a la propriété que son premier système dérivé S'_1 contient aussi notre système S. A cause de ce fait on peut appeler le système S_1 *premier système intégré de* S. D'une manière analogue, on peut appeler *second système intégré* S_2 de S le premier système intégré de S_1, etc. Il est facile de voir que deux systèmes intégrés consécutifs S_α et $S_{\alpha+1}$ ne peuvent coïncider que si S_α est complètement intégrable. En ce cas, si ce *dernier système intégré* S_α se compose de $m+k$ équations et si l'on s'arrange de façon que ses intégrales soient $x^1, \ldots, x^m, x^{m+1}, \ldots, x^{m+k}$, notre système S ne peut contenir que les différentielles de ces $m+k$ variables. L'espèce σ de S satisfait donc à l'inégalité $\sigma \leqq k$. Il est à remarquer que le système intégré d'un système peut n'être pas unique, comme nous montre l'exemple de deux équations à six variables, ayant la composition

$$(2) \qquad \begin{cases} \Delta s^1 = ds^3 \delta s^4 - ds^4 \delta s^3, \\ \Delta s^2 = ds^5 \delta s^6 - ds^6 \delta s^5, \end{cases}$$

qui possède quatre systèmes intégrés indépendants. En faisant une combinaison linéaire de ces systèmes, on obtient le système intégré le plus général, défini par les quatre équations

$$ds^1 = ds^2 = \alpha\, ds^3 + \beta\, ds^4 = \gamma\, ds^5 + \delta\, ds^6 = 0,$$

$\alpha, \beta, \gamma, \delta$ étant des fonctions quelconques des variables $x^1, \ldots, x^6$. De même, il peut arriver que les nombres k, correspondant à des systèmes intégrés différents, soient différents, car on trouve des systèmes de deux équations à six variables ayant la composition (2), tels que l'un des systèmes intégrés soit complètement intégrable ($k=2$) et un autre non complètement intégrable ($k=3$). Cela dit, nous avons le théorème :

Le nombre minimum des différentielles qu'on peut laisser figurer dans un système de Pfaff est égal au nombre d'équations du plus petit de ses derniers systèmes intégrés, ou bien, *l'espèce du système est égale au plus petit des nombres k correspondant à ses systèmes intégrés.*

On sait qu'on peut réduire un des covariants (1), par exemple Δs^1, à la forme canonique [1]

$$\Delta s^1 = [ds^{m+1}\, ds^{m+2}] + \ldots + [ds^{m+2p_1-1}\, ds^{m+2p_1}].$$

---

(1) Élie Cartan, *Leçons sur les invariants intégraux*, p. 51, Hermann, Paris, 1922.

En annulant les formes $ds^{m+1}, \ldots, ds^{m+2p_1}$, on peut réduire ce qui reste de Δs^2 à la forme canonique

$$[ds^{m+2p_1+1}\, ds^{m+2p_1+2}] + \ldots + [ds^{m+2p_1+2p_2-1}\, ds^{m+2p_1+2p_2}], \quad \ldots.$$

Évidemment, pour annuler Δs^1, on doit associer au système S p_1 équations et puis, pour annuler Δs^2, *au moins* p_2 équations. Il en résulte que l'espèce de S est au moins égale au nombre $p_1 + p_2 + \ldots + p_m$.

Si les p équations $ds^{\alpha'} = 0$ $(\alpha' = m+1, \ldots, m+p)$ annulent les covariants (1), ces covariants doivent avoir la forme

$$(3) \qquad \Delta s^h = \varpi^h_{\alpha'\beta'}\, ds^{\alpha'}\, \delta s^{\beta'} + \varpi^h_{\alpha' k'}[ds^{\alpha'}\, ds^{k'}] \qquad (\alpha' \beta' \leqq m + p,\ k' > m + p).$$

Pour que les $ds^{\alpha'}$ appartiennent à un premier système intégré, il faut que les équations $\varpi^h_{\alpha' k'}\, ds^{\alpha'} = 0$ soient équivalentes aux $ds^{\alpha'} = 0$. De même, en indiquant par q le nombre minimum d'équations qui annulent les covariants $\varpi^h_{\alpha'\beta'}\, ds^{\alpha'}\, \delta s^{\beta'}$, on doit avoir

$$q + n - m - p \geqq p.$$

Pour que S_1 ait le nombre maximum $n - 1$ d'équations, il faut et il suffit que chacun des $n - m$ systèmes $\varpi^h_{h' k'}\, ds^{h'} = 0$ $(h' = m+1, \ldots, n)$ soit équivalent au système $ds^{k'} = 0$ $(k' \neq h')$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques points de géométrie finie directe.* Note de M. **Miron Nicolesco**, présentée par M. Élie Cartan.

1. On appelle *parallèle* à un ensemble-frontière plan (¹) F le lieu F′ des points tels que leur distance à F soit constante. F *n'est pas*, *en général*, *parallèle à* F′. Exemple : deux carrés homothétiques concentriques. Le contour F du carré intérieur est parallèle au contour F′ du carré extérieur, mais le contour F′ n'est pas parallèle au contour F. Cette irréversibilité a été signalée par M. Lucien Chamard dans le cas où F est la frontière d'une figure convexe (²).

Deux ensembles-frontières, tels que chacun est parallèle à l'autre, seront appelés *biparallèles*. Les contours de l'exemple précédent deviennent biparallèles si l'on arrondit les coins du carré extérieur au moyen de quarts de cercles ayant pour centres les sommets du carré intérieur.

(¹) Je me borne ici au plan.

(²) *Rendic. dei Lincei*, 6ᵉ série, 16, 1932, p. 398.

2. Soit D un domaine borné, Nous appelons *grand axe* de ce domaine le diamètre du plus petit cercle le contenant; de même, nous appelons *petit axe* du domaine le diamètre du plus grand cercle qu'il contient.

Nous dirons aussi que le domaine D est un $\Sigma(C_r)$ s'il est la réunion, au sens de la théorie des ensembles, de cercles de rayon r (¹). La borne supérieure des nombres r, tels que D reste un $\Sigma(C_r)$, sera appelée *indice circulaire* de D.

De même, nous appellerons domaine $\Sigma(\Gamma_r)$ tout domaine, réunion de circonférences de rayon r. On peut alors énoncer les propositions suivantes :

1° *Soit* D_{-r} *l'ensemble des centres des cercles de rayon r contenus dans* D. *La condition nécessaire et suffisante pour que* D_{-r} *existe est que* D *ait le petit axe supérieur à* $2r$.

2° *La condition nécessaire et suffisante pour que les frontières de* D *et de* D_{-r} *soient biparallèles est que le domaine* D *soit à indice circulaire r.*

3° *Tout domaine* $\Sigma(\Gamma_r)$ *est un* $\Sigma(C_r)$. *La condition nécessaire et suffisante pour qu'un domaine* $\Sigma(C_r)$ *soit un* $\Sigma(\Gamma_r)$ *est que ce domaine ait son grand axe supérieur à* $4r$ *ou bien qu'il se réduise à un cercle de rayon* $2r$.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur la représentation analytique des groupes linéaires clos.* Note de M. **H. Auerbach**, présentée par M. Élie Cartan.

Soit G un groupe linéaire clos (infini) à n variables. D'après un théorème important de M. J. v. Neumannn (²) il est possible de représenter le groupe aux environs d'un élément quelconque à l'aide de fonctions analytiques d'un certain nombre r de paramètres réels essentiels. Dans le cas du groupe orthogonal connexe réel ainsi que dans celui du groupe unitaire on connaît depuis longtemps une représentation trigonométrique ou, si l'on veut, rationnelle du groupe entier comportant $n(n-1)/2$ ou n^2 paramètres réels essentiels (³).

Or on peut, en se servant du théorème cité de M. J. v. Neumann, étendre cette représentation aux groupes linéaires clos les plus généraux de la manière suivante :

(¹) M. Georges Bouligand et ses élèves appellent un tel domaine un domaine de Cantor-Minkowski. Voir Bouligand, *Introduction à la Géométrie infinitésimale directe* (Paris, Vuibert, 1932).

(²) *Math. Zeitschr.*, **30**, 1929, p. 26-27.

(³) Voir par exemple A. Hurwitz, *Göttinger Nachrichten*, 1897, p. 76, 82.

Théorème I. — *On peut représenter le groupe G au voisinage d'un élément quelconque à l'aide de polynomes trigonométriques ou fonctions rationnelles de r paramètres réels essentiels. Il existe aussi une représentation semblable du groupe entier (supposé connexe), le nombre des paramètres étant peut-être plus grand que r.*

La méthode de démonstration permet d'établir le théorème suivant :

Théorème II. — *Soit G un groupe linéaire clos et connexe d'ordre r. Tout voisinage de l'élément unité contient r ou un moindre nombre d'éléments constituant un sous-groupe dénombrable partout dense dans G.*

Le plus petit nombre d'éléments nécessaires est, en général, moindre que r. Pour un groupe abélien, il suffit d'un seul élément.

En vertu d'un théorème fondamental de M. J. v. Neumann [1], le théorème II est valable pour tout groupe topologique compact et connexe d'ordre r [2].

CALCUL GRAPHOMÉCANIQUE. — *Sur de nouveaux appareils d'intégration mécanique.* Note de M. **Paul Boisseau**, présentée par M. M. d'Ocagne.

L'idée de principe sur laquelle est fondée la construction de nos appareils d'intégration mécanique, consiste à transformer les figures rapportées à des coordonnées cartésiennes rectangulaires en enroulant les abscisses sur une circonférence de rayon arbitrairement choisi, tout en maintenant les ordonnées normales aux abscisses.

Ce système de coordonnées peut être dit à « abscisses enroulées ». Nous appellerons O le centre du cercle.

Une intégrale de la forme $\int y^n dx$, représentant une surface ou un moment en coordonnées cartésiennes, se transforme, à un coefficient constant près, dans le système à abscisses enroulées en une autre $\int y^n d\omega$, ω étant l'angle que la droite portant l'ordonnée fait avec une direction fixe du plan.

On voit donc que le déroulement d'une roulette portée par une simple tige, pivotant autour de O et parcourant la courbe $y^n = f(x)$, tracée en coordonnées à abscisses enroulées, donnera la valeur de l'intégrale $\int y^n dx$.

---

(1) *Annals of Mathematics*, 2e série, 34, 1933, p. 182.

(2) Une exposition détaillée va paraître dans les *Studia Mathematica*, 4.

En conséquence, dans le système de coordonnées à abscisses enroulées, les planimètres se composeront d'une seule tige pivotante sur laquelle coulissera le support d'une roulette intégrante et il en sera de même des intégraphes, leurs traçoirs étant portés par une tige se déplaçant radialement d'une quantité proportionnelle au déroulement d'une roulette parcourant la courbe à intégrer.

En ce qui concerne les différenciateurs, on sait qu'il est difficile d'obtenir des appareils précis en coordonnées cartésiennes. Ceci tient à ce que la tangente à la courbe à dériver est mal déterminée graphiquement.

Dans le système ici proposé, les différenciateurs, fondés sur le même principe que les intégraphes, n'ont pas à effectuer la détermination de cette tangente et leur précision s'en trouve augmentée.

Enfin, les analyseurs harmoniques, propres à la détermination des coefficients successifs des séries de Fourier, deviennent, dans ce système, d'une remarquable simplicité

Non seulement, ils sont constitués par un dispositif pivotant peu compliqué, mais, en outre, ils ne comportent plus d'organes spéciaux de transmission variant avec le rang du coefficient à calculer, comme cela a lieu dans les appareils existants.

A titre d'indication pratique sur l'emploi de la méthode, nous ajouterons que, pour la construction des courbes en coordonnées à abscisses enroulées, il sera bon d'employer un papier quadrillé au moyen de circonférences concentriques et de rayons polaires équidistants, auxquels on pourra ajouter des courbes spéciales dites de transformation. Imprimées une fois pour toutes, ces courbes permettront le tracé immédiat, sans lignes de construction, des courbes se déduisant, d'une autre déjà tracée, par relation établie entre les ordonnées correspondant à une même abscisse.

Il est intéressant de remarquer que, dans le système à abscisses enroulées, les fonctions sinusoïdales peuvent être représentées, soit par des cercles, soit par des droites.

Nous nous réservons de faire connaître, dans une publication ultérieure, tous les détails relatifs à la méthode ici indiquée et aux mombreuses applications auxquelles elle peut se prêter.

CALCUL GRAPHOMÉCANIQUE. — *Sur un appareil permettant de tracer la dérivée* [1] *moyenne d'une fonction représentée par sa courbe en coordonnées cartésiennes.* Note de M. **F. E. Myard**, présentée par M. d'Ocagne.

On connaît les appareils « différenciateurs » de Helle-Schaw. Dans une première disposition, les variations de la dérivée sont mesurables entre ± 1. Et, dans une seconde disposition, ces mesures deviennent possibles entre $-1/2$ et $+\infty$, mais faites alors par le déplacement d'un curseur devant une règle graduée, et non plus par le tracé d'une courbe (les déplacements n'étant plus des ordonnées).

Dans tous ces appareils, les mouvements élémentaires de rotation donnés aux roulettes appropriées sont respectivement proportionnels à dx ou dy.

Nous allons indiquer ici une autre solution de « dérivographe » qui peut avoir des avantages intéressants.

Soit le point P assujetti à décrire une courbe $C[y=f(x)]$, ce point P étant lié à l'appareil dérivographe, lequel possède deux axes de rotation concourants et normaux O_1x_1, O_1y_1.

Sur l'axe O_1y_1 se trouve, centré, un cercle A de rayon R; et sur l'axe O_1x_1 se trouve, centré, un cercle ou plateau B, la circonférence du cercle A (lequel est normal au plan du plateau B) appuyant et roulant (sans glisser) contre le plan de ce plateau B.

Le système est combiné — et le détail cinématique et constructif en sera donné dans une étude développée que nous publierons, ailleurs, prochainement — de manière que si le point P décrit un arc élémentaire ds sur la courbe C, il en résulte, instantanément :

1° Pour l'arbre qui supporte le cercle A (et a pour axe O_1y_1), une rotation proportionnelle à $(dx+dy)$;

2° Pour le cercle B (d'axe O_1x_1), une rotation proportionnelle à dx (et dans le même rapport de proportionnalité).

C'est-à-dire, en appelant $d\alpha$ et $d\beta$ les rotations élémentaires (autour de ces axes correspondants) proportionnelles, respectivement, à dx et dy

$$d\alpha = k\,dx \qquad \text{et} \qquad d\beta = k\,dy,$$

[1] Nous faisons abstraction des discontinuités infinitésimales qui, le long de la courbe, créent l'indétermination des tangentes; c'est-à-dire, nous n'envisageons que la notion de dérivée moyenne.

avec la rotation $(d\alpha + d\beta)$ autour de O_1y_1, et la rotation $d\alpha$ autour de O_1x_1.

Supposons maintenant, que le cercle A de rayon R puisse se déplacer suivant son axe O_1y_1 ([1]) (donc normalement, à son propre plan) de manière qu'il y ait, constamment, *égalité entre les rotations que lui donne*, par contact circonférenciel, *le plan du plateau* B *et les rotations de son arbre-support d'axe* O_1y_1.

Et soit, en chaque instant, $\lambda + R$ la distance variable à laquelle il est de l'axe O_1x_1. Dès lors, nous pouvons écrire

$$(\lambda + R)\, d\alpha = R(d\alpha + d\beta), \qquad \text{d'où} \qquad \frac{d\alpha + d\beta}{d\alpha} = \frac{\lambda + R}{R}$$

ou

$$\frac{d\alpha + d\beta - d\alpha}{d\alpha} = \frac{\lambda + R - R}{R} = \frac{d\beta}{d\alpha} = \frac{\lambda}{R} = \frac{dy}{dx}.$$

Par conséquent $\lambda = R\, dy/dx$.

Le déplacement variable λ est proportionnel à la dérivée. Et, si nous prenons R pour unité de longueur (1^{cm} par exemple), λ exprime directement la valeur de cette dérivée $\lambda = y'_x$.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur les conditions à la paroi pour l'équation de la turbulence dans les canaux.* Note de M. **G. D. Mattioli**, présentée par M. Henri Villat.

Dans ma théorie dynamique de la turbulence ([2]), certaines constantes d'intégration étaient déterminées sur la base des données empiriques. La considération de la viscosité localisée dans une couche d'épaisseur extrêmement petite (*couche limite*) adhérente à la paroi, nous conduit à une relation qui doit être nécessairement satisfaite par les mêmes constantes.

1. Soient $2h$ la largeur du canal, y la coordonnée perpendiculaire aux parois, v la vitesse, ε (ou bien $\delta = \varepsilon/h$) l'épaisseur de la couche limite visqueuse.

([1]) La solution classique par couple hélicoïdal (vis et écrou) est tout indiquée. C'est elle qui est employée dans les différenciateurs Helle-Schaw. Nous-même l'avons aussi utilisée dans un projet d'appareil à lecture directe pour mesurer le glissement des moteurs asynchrones (*Revue générale de l'Électricité*, 7, II, 1920, p. 58).

([2]) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1282.

δ étant très petit, on peut admettre que

$$v' = \frac{dv}{dy} = -v'^{**}$$

soit constant à l'intérieur de la couche limite. Sur la paroi, $v = 0$; et alors, si v^{**} est la vitesse sur la surface interne de la même couche,

$$v^{**} = \varepsilon v'^{**}.$$

Soient τ_0 la tension tangentielle visqueuse, ν le coefficient cinématique de viscosité; on a de deux manières

$$\tau_0 = \rho\nu v'^{**} = \rho\sigma h.$$

ayant posé $\rho\sigma = -dp/dx$ pour le gradient constant de pression. Si l'on introduit la quantité

$$u^{**} = \frac{v^{**}}{\sqrt{\sigma h}},$$

des équations précédentes il résulte

$$(1) \qquad \delta = \frac{\varepsilon}{h} = u^{**}\frac{\nu}{h\sqrt{\sigma h}},$$

u^{**} est un *nombre pur*, qui donne la grandeur de la vitesse avec laquelle la masse fluide turbulente glisse, apparemment, sur la paroi à cause de l'interposition de la couche visqueuse. *Il est extrêmement probable que u^{**} dépend seulement de la nature physique de la paroi : alors pour des surfaces lisses, indépendamment de la forme, u^{**} devrait être une constante universelle.*

2. Voyons les conséquences de cette hypothèse. Si l'on pouvait imaginer un fluide totalement dépourvu de viscosité, l'équation (cf. la Note citée, dont je retiens les notations)

$$-l^2 k v' = \sigma y$$

devrait valoir jusqu'à la paroi $y = h$, où l (*parcours de transfert turbulent*) s'annule : par conséquent on aurait

$$\lim v' = \lim \dot{u} = \infty \qquad \text{pour} \quad y = h.$$

D'ailleurs, hors de la couche limite, le mouvement est indépendant de la viscosité : *la même condition doit donc être vérifiée par l'intégrale adoptée dans le cas réel.*

Nous avions trouvé

$$(2) \qquad u = \frac{1}{\varkappa c}\log\frac{1 + c\xi}{1 - c\xi} - a,$$

on satisfait à la condition précédente en prenant $c = 1$ (qui diffère de très peu de la valeur empirique 0,99187). Sur la surface interne de la couche visqueuse ($\xi = 1 - \delta$) soit u^* la valeur de u :

$$u^* = \frac{1}{\chi} \log \frac{2 - \delta}{\delta} - a. \tag{3}$$

Appelant u_0 la vitesse maxima (au milieu du canal), on a en outre

$$u_0 = u^* + u^{**}. \tag{4}$$

Les équations (1), (3), (4), si u^{**} est donné et u_0 est connu empiriquement, permettent de calculer la constante a : avec cette valeur, et $c = 1$, l'équation (2) est alors l'intégrale du mouvement.

Posons [1]

$$h = 0,6, \qquad \sqrt{\sigma h} = 31,15, \qquad \nu = 0,0117, \qquad u_0 = 23,12,$$

on représente très bien la courbe $u(\xi)$ prenant $u^{**} = 11,18$, d'où résulte

$$u^* = 11,94, \qquad a = 0,9.$$

Dans le cas des tubes nous avons trouvé la valeur très voisine $u^{**} = 11,8$: cette concordance justifie la présomption que u^{**} soit une constante indépendante de la forme des parois.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur une absorption sélective de la lumière dans les Pléiades*. Note [2] de M. **D. Barbier**, présentée par M. Ernest Esclangon.

1. Depuis longtemps déjà on a remarqué que les étoiles des Pléiades sont sensiblement plus jaunes que leurs types spectraux l'auraient fait supposer. Il semble que P. ten Bruggencate [3] soit le premier à avoir expliqué ce fait par une absorption sélective à l'intérieur du groupe même. Cette hypothèse ne semble pas avoir été universellement adoptée. Nous nous proposons ici de la justifier à l'aide des données nouvelles fournies par un Mémoire de Miss C. H. Payne [4]. Elles consistent dans des magnitudes

---

(1) Nikuradse, *Forschungsarb. Vereins deuts. Ingenieure*, n° 289, 1929, p. 102.
(2) Séance du 12 avril 1933.
(3) *Bulletin of the Astronomical Institute of the Netherlands*, 4, 1927, p. 51.
(4) *Harvard Annals*, 89, 1932, p. 43.

mesurées avec quatre filtres différents, correspondant à des longueurs d'ondes effectives :

$$\lambda_1 = 0,369\,\mu, \quad \lambda_2 = 0,425\,\mu, \quad \lambda_3 = 0,548\,\mu, \quad \lambda_4 = 0,634\,\mu.$$

Les étoiles sont divisées en deux groupes : 1° Les étoiles qu'on a reconnu être des membres physiques des Pléiades et 2° les étoiles du champ dont une partie appartient probablement aux Pléiades.

2. Nous avons calculé les indices de couleur x, y, z donnés par

$$x = m_{\lambda_2} - m_{\lambda_1}, \quad y = m_{\lambda_3} - m_{\lambda_2}, \quad z = m_{\lambda_4} - m_{\lambda_3}.$$

Si les étoiles obéissent à la loi de Planck on doit avoir les relations [1]

$$(1) \qquad x = 0,68\,y + 0,74, \quad z = 0,48\,y + 0,36.$$

En fait nous avons reconnu qu'il n'y avait pratiquement pas de corrélation entre x et y et entre y et z. Si la loi du corps noir ne s'appliquait pas on devrait cependant s'attendre à trouver une corrélation entre ces quantités. Nous allons montrer qu'une absorption sélective rend compte des faits.

3. Supposons que les étoiles satisfassent à la loi de Planck, à l'aide de m_{λ_2} et de m_{λ_3}, on peut calculer des valeurs théoriques de m_{λ_1} et m_{λ_4}. Ces valeurs diffèrent des valeurs observées [2], les différences O — C étant données par

$$(2) \qquad R_1 = x - 0,68\,y - 0,74, \quad R_4 = z - 0,48\,y - 0,36.$$

En attribuant ces résidus à l'action d'une absorption sélective d'après la loi de Lord Rayleigh on obtient

$$(3) \quad R_1 = -\beta[\lambda_2^{-4} - \lambda_1^{-4} - 0,68(\lambda_3^{-4} - \lambda_2^{-4})], \quad R_4 = -\beta[\lambda_4^{-4} - \lambda_3^{-4} - 0,48(\lambda_3^{-4} - \lambda_2^{-4})],$$

β est un coefficient dépendant en particulier de l'épaisseur de la matière nébulaire traversée. Il varie donc d'une étoile à l'autre. On constate par le calcul que les coefficients de β sont tous deux positifs et égaux entre eux $[\log_{10}(-R/\beta) = -16,8$ lorsque λ est exprimé en centimètres$]$. Ceci veut dire que, *en apparence*, d'après les magnitudes rouges, les étoiles sont plus rouges que s'il n'y avait pas de diffusion et que d'après les magnitudes ultraviolettes elles sont plus bleues. C'est d'ailleurs ce qu'on observe, car

---

(1) Première approximation qui est pratiquement suffisante.

(2) Il ne faut pas tenir compte de la différence absolue, car l'origine choisie par Miss C. H. Payne est arbitraire, mais uniquement de sa variation d'une étoile à l'autre.

les courbes de répartition de R_1 et de R_4 ne sont pas des courbes normales de Gauss mais sont dissymétriques, il y a un excès de grandes magnitudes. En outre il existe une corrélation, faible à vrai dire, entre les résidus R_1 et R_4 fournis par les équations (2). Le coefficient de corrélation est de 0,24. Une droite satisfaisant au mieux aux données aurait pour équation $R_1 = R_4$, conforme à ce qu'on prévoyait d'après les équations (3).

Signalons encore qu'il n'y a pas de corrélation bien nette entre les quantités R_1 ou R_4 et le type spectral.

4. Les résidus R_4 expérimentaux, correspondant au rouge, semblent pour les membres certains des Pléiades dépendre de l'ascension droite des étoiles. La forme qui nous a été suggérée pour la nébuleuse des Pléiades rend compte de la répartition de la nébulosité observée autour de certaines étoiles.

Les résidus violets R_1 ne donnent pas des renseignements très nets, ceci provient sans doute de la présence pour ces longueurs d'ondes d'un spectre atomique continu comme l'a suggéré M. Jules Baillaud (¹).

5. Nous avons identifié quatre étoiles qui sont presque certainement situées derrière les Pléiades. On obtient les valeurs suivantes de R_1 et de R_4 pour ces étoiles :

N° (Gaultier)	22.	100.	124.	139.	Moyenne.
R_1	−0,96	−0,17	−0,80	−0,48	−0,60
R_4	−0,58	−0,84	−0,50	−0,47	−0,60

et deux étoiles situées devant :

N° (Gaultier)	130.	148.	Moyenne.
R_1	−0,12	−0,35	−0,23
R_4	−0,02	+0,18	+0,08

Il y a donc bien une absorption sélective correspondant à ce que les équations (3) faisaient prévoir.

6. Numériquement l'absorption calculée dépasse cinq grandeurs dans l'ultraviolet, ce qui est excessif. Ceci provient sans doute pour la plus grande partie de ce que les étoiles ne suivent qu'imparfaitement la loi de Planck. En prenant pour loi d'absorption une loi en λ^{-n} ($n < 4$), qui n'est pas impossible théoriquement, on obtient une absorption encore beaucoup plus considérable et qui en particulier pour n voisin de l'unité atteint cent grandeurs.

(¹) *Bulletin astronomique*, 2ᵉ série, 4, 1924, p. 275.

O. Struve et ses collaborateurs (¹) avaient trouvé, en étudiant la lumière diffusée par certaines parties de la nébuleuse des Pléiades, qu'il devait y avoir ou bien diffusion suivant une loi en $\lambda^{-1,2}$ environ ou bien diffusion suivant la loi de Rayleigh accompagnée d'une diffusion non sélective. Ils avaient rejeté la première hypothèse. Nous confirmons ici qu'elle est absolument inacceptable.

PIÉZO-ÉLECTRICITÉ. — *Un résonateur piézo-électrique à réponse uniforme pour une gamme donnée de fréquences.* Note de M. **Alexis Guerbilsky**, présentée par M. Henri Villat.

Depuis que M. Langevin a réalisé un résonateur piézo-électrique et l'a appliqué aux dispositifs de sondage par ultrasons, on a utilisé des résonateurs analogues pour de nombreuses autres applications comme, par exemple, les stabilisateurs de la fréquence des émetteurs de T. S. F., les oscillateurs entretenus par un quartz, etc. Dans toutes ces applications le cristal piézo-électrique oscille à sa fréquence propre et à amplitude constante, mais dès qu'il s'est agi de moduler ces amplitudes, on a rencontré des difficultés. Ainsi on a songé à réaliser des relais électro-optiques destinés à moduler la lumière pour des enregistrements photographiques des sons, la télévision, etc., basés sur l'emploi d'un quartz piézo-électrique vibrant à sa fréquence propre avec des amplitudes variant en fonction des variations à reproduire et disposé sur le trajet d'un faisceau de lumière polarisée. Aussi a-t-on essayé d'employer un cristal de quartz pour établir un couplage entre deux étages d'un amplificateur de réception des ondes modulées. Dans toutes ces applications la difficulté consistait en ce qu'un résonateur piézo-électrique tel qu'on l'a conçu jusqu'à présent, présentait une résonance très aiguë et, par conséquent, ne pouvait être modulé qu'à des fréquences très basses. En effet, pour qu'un résonateur vibrant à sa fréquence propre f puisse être modulé sans distorsion à des fréquences comprises entre zéro et une fréquence f', il faut que la courbe de résonance de ce résonateur possède une portion horizontale de largeur $2f'$. Or, une lame de quartz habituelle à faces parallèles présente une pointe de résonance de la largeur de l'ordre de $f.10^{-4}$. Pour une lame résonant à la fréquence de 5.10^6 p/sec cette largeur serait de 500 p/sec et

(¹) O. Struve, C. T. Elvey and C. P. Keenan, *Astrophys. Journ.*, 77, 1933, p. 274.

la fréquence maxima de modulation, même avec des distorsions, ne serait que de 250 p/sec.

J'ai réalisé des lames de quartz ayant une courbe de résonance avec une partie horizontale ayant la largeur imposée à l'avance. La fréquence propre d'une lame à faces parallèles vibrant suivant son épaisseur est inversement proportionnelle à celle-ci. Si donc on considère une lame dont l'épaisseur varie d'un endroit à l'autre de la lame, prenant des valeurs correspondant à des fréquences comprises entre $f-f'-a$ et $f+f'+a$, où a est une petite quantité correspondant à la largeur de la plage de localisation des vibrations, la courbe de résonance de la lame présentera un palier horizontal de largeur $2f'$ et les vibrations de la lame pourront être modulées sans distorsions à des fréquences comprises entre zéro et f'.

Dans le cas où f' représente la bande acoustique, il est facile de s'assurer de l'existence d'une partie horizontale de la courbe de résonance de largeur $2f'$. Il suffirait, par exemple, de construire une hétérodyne à la fréquence moyenne de la lame de quartz et, en écoutant ses battements avec le circuit oscillant du quartz, de constater que lorsqu'on fait varier la fréquence de ce circuit de façon à entendre toutes les fréquences audibles à partir des plus élevées jusqu'aux plus basses et ensuite inversement, l'aiguille de l'ampèremètre de haute fréquence ne bouge pas.

J'ai appliqué des lames de quartz à épaisseur non uniforme à la réalisation des relais électro-optique pour les enregistrements des sons, des microphones piézo-électriques à quartz vibrant en résonance, etc.

Des relais électro-optiques à quartz en lumière polarisée ont été constitués par des lames de différentes dimensions et ont présenté une réponse égale pour des fréquences de modulation allant au delà de 16000 p/sec. En choisissant des épaisseurs convenables, on peut aller beaucoup plus loin.

J'ai construit deux microphones basés sur les principes suivants. Premièrement le courant d'un circuit oscillant de haute fréquence a été entretenu à l'aide d'un quartz. Comme l'amortissement de quartz dépend de la densité du milieu environnant, l'amplitude du courant de haute fréquence dépend aussi de celle-ci et, par conséquent, cette amplitude suit les variations de densité provoquées par l'onde sonore. Si l'on détecte ce courant de haute fréquence, le courant détecté pourra être utilisé comme on utilise d'habitude les courants microphoniques.

La seconde réalisation a été basée sur le fait que lorsque le quartz vibre, il emprunte à son circuit une certaine quantité d'énergie qui se traduit

dans la courbe de résonance du circuit par une « crevasse » dont la profondeur dépend de l'amortissement du cristal. Une lame de quartz a été disposée dans un circuit composé par une bobine mise en parallèle avec le cristal et avec un condensateur variable. La bobine a été couplée avec un hétérodyne et l'ensemble a été accordé sur la fréquence moyenne du cristal de façon que le point correspondant sur la courbe de résonance se trouve dans la « crevasse ». Le fonctionnement du dispositif est analogue à celui du précédent.

IONISATION DES GAZ. — *Ionisation de l'air et de l'hydrogène dans la décharge à haute fréquence.* Note de M. **T. V. Ionescu** et Mme **Irène Mihul**, présentée par M. A. Cotton.

Nous avons utilisé un tube de 1^{m} de longueur et de 4^{cm} de diamètre à l'intérieur duquel se trouve un bouchon en verre. Au bout du tube sont soudés, suivant son axe, deux fils de platine à 2^{mm} de distance; ils se trouvent dans un circuit comprenant une batterie de 4 volts et un galvanomètre. Nous avons admis que le courant qui passe dans le galvanomètre est proportionnel à l'ionisation dans le tube. L'ionisation se produit entre deux plaques situées à l'extérieur et diamétralement, au même bout du tube; elles sont mises en liaison avec un oscillateur. Nous avons étudié l'ionisation en fonction de la pression du gaz et d'un champ magnétique parallèle à l'axe du tube.

Voici les résultats observés *lorsque la pression du gaz (air ou* H^2*) est de* $0^{mm},001$ Hg. Pour des chauffages modérés ou puissants, une lumière faible apparaît entre les plaques. L'ampèremètre de l'oscillateur indique un courant très faible. On soulève l'une des plaques sans changer le chauffage : une lumière intense apparaît brusquement et s'étale sur une longueur de 40 à 100^{cm} dans le tube. L'ampèremètre de l'oscillateur indique de 0,1 jusqu'à 0,4 ampère. On remet à sa place la plaque : l'intensité de la lumière augmente et la colonne lumineuse se raccourcit. On déplace le bouchon de verre dans le tube jusqu'à l'amener près de la colonne lumineuse.

Dans les deux cas se forment des ondes stationnaires qui sont sans doute celles étudiées par Mlle Chenot (1). Elles sont plus brillantes dans le cas

(1) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 38 et 673.

d'une seule électrode. Les vitesses de propagation correspondantes sont comprises entre 10000 et 40000 km/sec.

Le spectroscope nous montre les lignes du gaz très brillantes dans tout le spectre. C'est le deuxième régime de la Note précédente (¹). La courbe B (*fig.* 1) nous donne l'ionisation dans le champ magnétique. Pour 23 gauss,

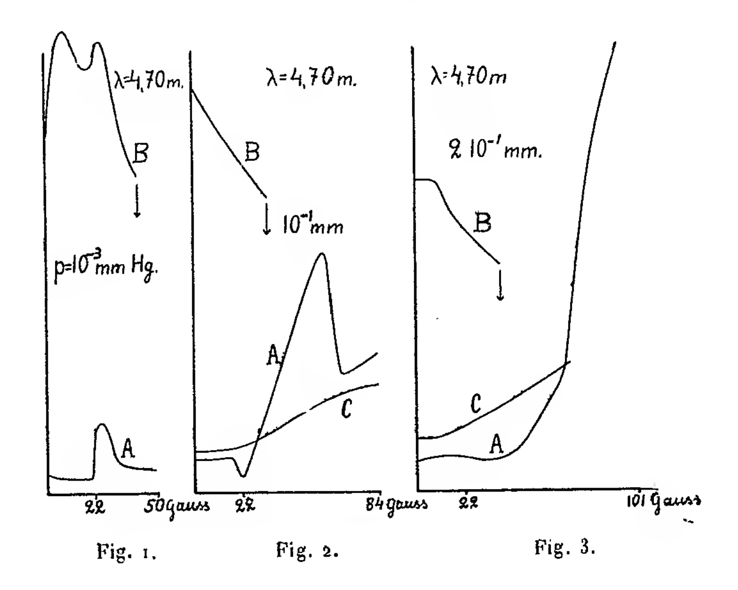


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

la courbe B nous montre une variation due aux électrons libres du gaz. Pour 43,7 gauss, la lumière et l'ionisation tombent brusquement, et nous sommes sur la courbe A, c'est-à-dire dans le premier régime de la Note précédente. Sur la courbe A, l'ionisation passe par un minimum pour 22 gauss, tandis que la lumière disparaît complètement. A 23 gauss, la lumière et l'ionisation passent par un maximum.

La pression est 0^{mm},1 Hg. — En chauffant modérément nous sommes dans le premier régime sur la courbe A. Ensuite, en *diminuant le chauffage de l'oscillateur, la lumière augmente, passe par un maximum très accusé puis s'affaiblit et disparaît.* Nous nous arrêtons sur le maximum de la lumière; les courbes C nous donnent l'ionisation dans ce régime. Elle augmente de même que l'intensité de la lumière et n'indique rien de particulier pour 22-23 gauss. Le spectroscope nous montre des lignes dans le rouge et l'orangé.

Si l'on chauffe beaucoup on trouve comme dans le cas précédent les

(¹) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1292.

courbes A et B. Il en est de même pour la pression $0^{mm},2$ Hg. Sur les figures 2 et 3, les ordonnées des courbes B sont diminuées 2,5 fois.

Nous n'essaierons pas de proposer une explication complète de tous les phénomènes observés. Mais pour faciliter l'étude nous admettrons les hypothèses suivantes : Dans les régimes C et A il y a des électrons associés aux molécules. Leur nombre est plus grand dans le régime C que dans l'autre, puisque à des pressions plus grandes et à des champs électriques faibles les liaisons sont plus stables ([1]). Ces électrons ont des vibrations propres ([2]) et cèdent aux molécules l'énergie qu'ils empruntent à l'oscillateur en finissant par exciter ces molécules et les ioniser. Dans des champs électriques intenses ou bien lorsqu'on approche de la résonance ces liaisons sont détruites et la lumière disparaît même pour des pressions de quelques dixièmes de millimètre.

A la résonance des électrons libres, leur énergie est grande et l'ionisation se produit par des chocs. Pour expliquer le régime B qui diffère de A et C nous admettrons que les électrons forment alors un réseau avec les ions positifs ([3]). Par des oscillations des électrons de ce réseau l'énergie se propage dans le tube. En travaillant avec une seule plaque nous n'avons pas réussi à détruire ce régime même pour des valeurs du champ plus grandes que 150 gauss.

OPTIQUE. — *Nouveau colorimètre.*

Note de M. **R. Legendre**, présentée par M. A Cotton.

Sauf quand elle est bornée à l'observation du seuil d'apparition d'une couleur, la colorimétrie doit réaliser un ensemble complexe de conditions optiques : égalité d'éclairement de deux milieux de même transparence, dont les teintes sont dues au mélange en mêmes proportions de radiations de mêmes longueurs d'ondes.

Le colorimètre de Duboscq n'est utilisable que pour des comparaisons d'intensités entre des milieux de couleurs identiques. Dans tous les autres cas, il faut égaliser strictement les teintes; on a proposé pour cela des

---

([1]) On observe les mêmes phénomènes dans l'air aussi bien que dans H^2 où l'existence des ions négatifs est douteuse; mais les mesures sur les ions négatifs ont été faites dans des champs électriques intenses.

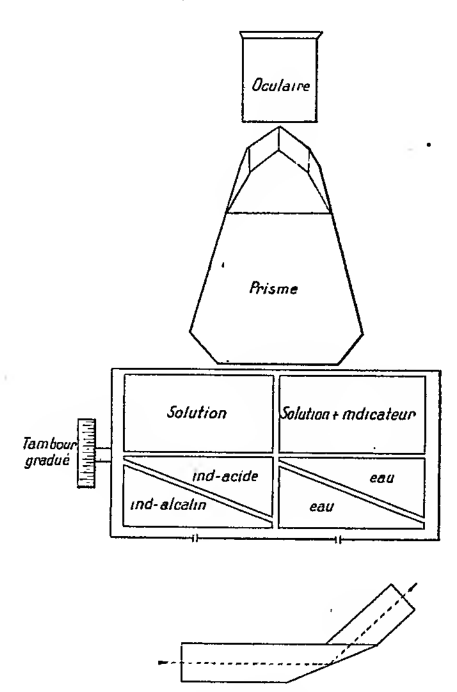
([2]) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 1008.

([3]) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 928.

correcteurs variés : verres colorés, cuves complémentaires, trichromateurs, teintomètres, etc., mais les mesures ne sont correctes que si les couleurs ajoutées sont de même composition spectrale que celles du milieu en expérience.

Le développement des mesures colorimétriques de pH, particulièrement commodes avec les indicateurs bicolores, a conduit à modifier autrement le colorimètre classique. Bjerrum (1914), puis Gillespie (1921) ont imaginé deux moyens d'opérer sous épaisseur constante, en déterminant la couleur de référence par le rapport des épaisseurs de deux couches séparées, l'une virée par un acide, l'autre par un alcalin. Ce dispositif évite l'emploi des mélanges tampons de référence. Le comparateur de Bjerrum utilise une cuve rectangulaire cloisonnée selon une diagonale; celui de Gillespie deux cuves cylindriques concentriques.

En m'inspirant des données de Walpole et de Bjerrum, j'ai réalisé un nouveau colorimètre présentant diverses particularités qui me semblent rendre son emploi plus étendu et plus commode.



Sur un pied portant une platine fixe, un chariot est déplacé, perpendiculairement aux rayons lumineux, par un tambour actionnant une vis hélicoïdale à long pas. Ce chariot supporte un plateau, sur lequel sont placées côte à côte deux séries de trois

cuves dont une rectangulaire et deux prismatiques. La série de référence comprend une cuve rectangulaire remplie du liquide en examen, puis une cuve prismatique contenant la solution d'indicateur virée par un acide et tête-bêche une seconde cuve prismatique renfermant la même solution virée par un alcalin. La série dont on cherche la mesure comprend une cuve rectangulaire où l'on verse le liquide à étudier additionné d'indicateur à concentration convenable, puis deux cuves prismatiques qu'on emplit d'eau pure. Toutes les cuves ont une longueur de 4^{cm}; leurs faces latérales sont bien dressées; les cuves prismatiques ont une section trapézoïdale pour faciliter le nettoyage, les variations de pH n'étant d'ailleurs plus en proportion simple avec le rapport d'épaisseur des couches colorées aux limites du virage. Les deux séries de cuves sont enfermées dans une enceinte noircie. Chacune d'elles reçoit un filet lumineux provenant d'une source unique, pénétrant par une fente étroite de l'enveloppe. Les deux fentes sont distantes de 4^{cm}.

Les deux faisceaux lumineux ayant traversé les séries de cuves dans toute leur épaisseur sont reçus sur les faces latérales d'un prisme de Pulfrich, posé horizontalement sur le bâti, réduit à sa partie utile, et redressé, selon une conception ingénieuse de M. Mabboux, de façon à renvoyer l'image des deux champs lumineux à 45°, pour éviter l'examen en position incommode, horizontale ou verticale. L'arête du prisme est taillée avec précision pour que les deux champs apparaissent rigoureusement au contact, sans interposition d'une bande noire qui diminue la sensibilité de l'œil aux couleurs. L'image est observée à travers un oculaire positif.

En déplaçant le chariot porte-cuves, on fait varier la couleur d'un des champs, celle de l'autre restant fixe. Quand on observe l'égalité d'intensité et de couleur des deux plages au contact, on note la position des cuves par rapport aux fentes, soit sur les cuves elles-mêmes si elles portent des graduations, soit sur le tambour gradué. Cette position permet de connaître le rapport des épaisseurs des deux couleurs traversées et conséquemment le degré de virage ou le pH. Les changements de teintes sont sensibles pour des déplacements de 1 à $1^{mm},5$.

Le plateau porte-cuves étant détachable, le remplissage des cuves peut se faire en dehors de l'appareil, ce qui augmente la rapidité des mesures, dans le cas d'observations en série.

SPECTROSCOPIE. — *Sur l'absorption de l'oxygène dans l'ultraviolet.* Note [1] de M. L. **Herman**, présentée par M. Ch. Fabry.

I. Le magnétisme de l'oxygène liquide ou comprimé [2] ainsi que son spectre d'absorption ultraviolet ont porté à croire à l'existence d'une molécule O^4 provenant d'une liaison peu définie des électrons extérieurs de deux molécules O^2.

---

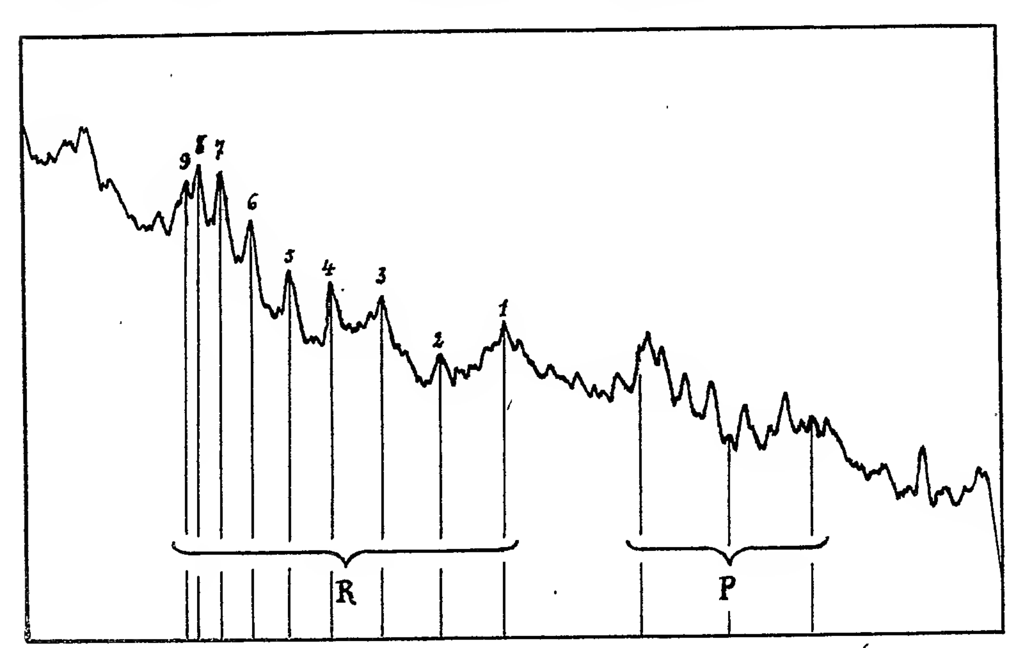
(1) Séance du 6 juin 1933.

(2) N. Lewis, *J. Am. Ch. Soc.*, 46, 1924, p. 2027.

L'examen spectroscopique a montré l'existence d'une absorption très forte, avec de larges triplets s'étendant de 2750 à 2400 Å environ, superposés à un spectre continu.

II. Reprenant avec une plus grande dispersion l'étude de l'absorption de l'oxygène dans cette région, j'ai trouvé une structure beaucoup plus complète que celle décrite par Finkelnbourg et Steiner (¹).

Il semble y avoir superposition de plusieurs spectres de raies dont l'un se détache très nettement. Ce spectre constitue une famille de bandes de vibration-rotation dont le nombre est égal à celui des larges triplets.



Pour m'assurer que cette structure fine n'était pas due à des impuretés, j'ai utilisé successivement de l'oxygène industriel à 98 pour 100, obtenu soit à partir de l'air liquide, soit par l'électrolyse de l'eau, de l'oxygène pur à 99,9 pour 100 et enfin de l'azote commercial. Quelle que soit sa provenance, l'oxygène a toujours donné identiquement le même spectre, tandis que l'azote ne montrait rien de semblable.

L'attribution de la structure en question à l'oxygène est d'ailleurs con-

(¹) LIVEING and DEWAR, *Phil. Mag.*, 26, 1888, p. 387; *Phil. Mag.*, 34, 1892, p. 205; OLSZEWSKI, *Wied. Ann.*, 42, 1891, p. 663; FINKELNBOURG et STEINER, *Zeit. f. Physik*, 79, 1932, p. 69.

firmée par le fait que la région des bandes de rotation-vibration coïncide avec celle de l'absorption ultraviolette de l'oxygène comprimé et que chaque bande s'étend sur la même partie du triplet correspondant.

En prenant plusieurs copies successives sur plaques à grands contrastes d'un cliché obtenu avec un tube d'oxygène de 2^{m} de longueur, j'ai constaté que les bandes de rotation-vibration pouvaient être observées à la pression atmosphérique. Elles sont déjà très nettes sous une pression de 2^{atm} et peuvent être étudiées commodément de 5 à 25^{atm} par exemple.

III. Les longueurs d'onde des raies ont été déterminées en juxtaposant le spectre du fer au spectre étudié et en interpolant graphiquement les enregistrements faits au microphotomètre. La figure reproduit l'enregistrement de deux de ces bandes. Le tableau ci-après donne les longueurs d'onde de l'une d'elles et leur nombre d'ondes :

m.	λ observé.	ν observé.	ν calculé.
0			
1....................	2481,17	40303,6	40306,5
2....................	2477,50	40363,3	40363,6
3....................	2474,40	40413,8	40414,5
4....................	2471,67	40458,5	40459,2
5....................	2469,31	40497,1	40497,7
6....................	2467,34	40529,5	40530,0
7....................	2465,76	40555,4	40556,1
8....................	2464,55	40575,3	40576,0
9....................	2463,97	40589,8	40589,7

Cette bande, comme les autres d'ailleurs, obéit à la première loi de Deslandres et peut être représentée par la relation

$$\nu = 40243{,}2 + 66.4\,m - 3{,}1\,m^2,$$

où $m = 1, 2, 3, \ldots$.

L'intensité relative des raies montre sans erreur possible qu'elles appartiennent toutes à une même branche P ou R. Il ne peut y avoir ambiguïté que sur le sens du numérotage. Or, en renversant celui-ci, on a un coefficient de m beaucoup trop petit par rapport à celui de m^2 et l'on aboutit à une valeur négative du moment d'inertie. Il s'agit donc d'une branche R.

Quant aux branches P et Q, elles devraient être représentées par les relations

(P) $$\nu = 40243{,}2 - 66{,}4\,m - 3{,}1\,m^2,$$

(Q) $$\nu = 40243{,}2 - 3{,}1(m+1)m.$$

Sur la figure sont indiquées les premiers membres de la branche P relativement faibles. La branche Q n'apparaît pas, du moins dans les bandes de courtes longueurs d'onde.

IV. Le moment d'inertie initial déduit des formules précédentes serait $0,9.10^{-40}$ gr $\times$ cm². La molécule absorbante ne serait donc pas la molécule O_2, dont le moment d'inertie atteint $2,2.10^{-39}$ gr $\times$ cm² [1].

PHOTOCHIMIE. — *Élévation de la sensibilité des émulsions photographiques par électrophorèse.* Note de M. **André Charriou**, présentée par M. Jean Perrin.

Si l'on soumet une émulsion photographique à un lavage à l'eau, on constate, en général, une augmentation de la sensibilité.

Cette élévation de sensibilité est beaucoup plus intense si l'on remplace l'eau par une solution aqueuse d'ammoniaque. La différence entre l'action de l'eau et celle de l'ammoniaque peut être expliquée par le fait que les halogénures d'argent présentent une solubilité appréciable dans l'ammoniaque, alors qu'ils sont, au contraire, très peu solubles dans l'eau.

Si cette hypothèse d'un rapport entre la solubilité des halogénures d'argent et l'élévation de la sensibilité est exacte, toute augmentation de l'efficacité du lavage doit conduire à de plus hautes sensibilités.

Afin de vérifier cette supposition, j'ai essayé d'appliquer aux émulsions photographiques le procédé d'électrophorèse [2] qui m'avait permis de séparer les corps adsorbés d'avec les corps adsorbants et qui joue le rôle d'un lavage extrêmement effectif.

Dispositif expérimental. — Des plaques photographiques, au bromure d'argent, non orthochromatiques, et à grande sensibilité (1200° H. et D.), étaient découpées en bandes de 4^cm^ de largeur, et placées dans une petite cuvette portant à chaque extrémité une électrode de platine. De l'eau distillée, à 20°, tombait goutte à goutte au centre de la plaque et recouvrait cette dernière d'une couche de quelques millimètres. Le trop-plein du liquide s'écoulait de chaque côté au voisinage des électrodes. On faisait passer un courant électrique continu de 30 à 40 milliampères sous 110 volts.

Après un temps variable suivant les essais, les plaques étaient rapidement

(1) W. Lochte-Holtgreven et G. H. Diecke, *Ann. der Physik*, 5e série, 3, 1929, p. 937.

(2) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 934.

séchées dans un courant d'air, puis exposées, sous un filtre bleu interceptant les radiations de longueurs d'onde supérieures à 5500 Å, dans un sensimètre à temps de pose croissants et développées comparativement avec une plaque non traitée.

Résultats expérimentaux. — Les résultats de ces expériences sont donnés dans le tableau ci-dessous :

Essais.	Durée.	Sensibilités relatives.	Densités du voile.
Émulsion type..	»	1	0,1
1..............	15 minutes	1	0,1
2..............	2 heures	3	0,3
3..............	4 »	5	0,55
4..............	6 »	4	0,85
5..............	14 »	0,5	altération de la gélatine

Au bout de 15 minutes, on n'observe encore aucun changement de sensibilité; en effet, les plaques du commerce contiennent toujours un excès d'halogénures solubles dont l'élimination complète demande un temps appréciable.

Après un traitement de plusieurs heures, la sensibilité croît considérablement, passe par un maximum, enfin décroît. En même temps la densité du voile chimique augmente constamment.

Cette existence d'un maximum de sensibilité est en accord avec les résultats que j'ai obtenus précédemment sur l'action de l'alcalinité ou de la chaleur, sur la sensibilité des émulsions photographiques (1). Dans ces expériences la sensibilité passait également par un maximum puis décroissait alors que le voile continuait à croître.

L'action de l'électrophorèse pendant 14 heures détermine une chute de la sensibilité, qui devient moitié moindre que celle de la plaque type; mais en raison de la longue durée de l'essai il se produit des altérations de la gélatine, fait qui modifie les propriétés de l'émulsion.

Si avec le même dispositif expérimental, on soumet les plaques à un simple lavage à l'eau, *sans action du courant électrique*, après 4 heures la sensibilité est seulement doublée.

L'action de l'électrophorèse en présence d'eau permet donc d'augmenter la

(1) *Sc. et Ind. phot.*, 2e série, 4, n° 6, 1933, p. 177.

sensibilité du bromure d'argent dans une proportion beaucoup plus grande que l'action de l'eau seule.

Les sensibilités obtenues sont de l'ordre de celles observées lors du trempage des plaques dans des solutions ammoniacales.

J'ai constaté dans les eaux résiduelles de l'électrophorèse la présence du brome, mais non celle de l'argent.

Le mécanisme de ces phénomènes reste à étudier.

PHOTOCHIMIE. — *Sur les propriétés photochimiques du chlorure de chromyle.* Note de M. **Kantzer**, présentée par M. Ch. Fabry.

La vapeur de chlorure de chromyle, exposée à la lumière, se décompose très rapidement en donnant des fumées grises. L'action est si rapide qu'elle rend difficile l'étude du spectre d'absorption de ce corps, le faisceau de lumière à spectre continu qui traverse la vapeur produisant, si l'on ne prend pas de précautions spéciales, une forte décomposition pendant la durée d'une pose photographique.

Ayant constaté que la lumière jaune est sans action, j'ai utilisé la raie d'absorption 5873 du chlorure de chromyle pour étudier les conditions dans lesquelles la décomposition se produit. La vapeur pure et non saturante étant placée dans un tube à absorption scellé, on la fait traverser par le faisceau d'une lampe à incandescence filtré par une solution acide de sulfate de quinine (pour éliminer l'ultraviolet) et une solution de chromate neutre de potassium dont on peut faire varier la concentration de manière à affaiblir plus ou moins les radiations violettes et bleues. On analyse au spectrographe la lumière qui a traversé cet ensemble. En faisant des poses successives, on peut juger, par les variations du spectre d'absorption du chlorure de chromyle, des altérations que ce corps peut subir.

Lorsque la solution de chromate servant de filtre est concentrée, aucune décomposition ne se produit; mais, en diminuant progressivement cette concentration, on introduit des radiations de plus courtes longueurs d'onde, et il arrive un moment où la décomposition commence à se produire. Je suis ainsi arrivé à ce résultat que la décomposition est produite seulement par les radiations de longueur d'onde inférieure à 4200 A.

J'ai essayé de déterminer la réaction que produit la lumière. La production de fumées indique la formation d'un produit non gazeux. D'autre part, j'ai pu constater que la décomposition faite dans un volume invariable et sans changement de température n'entraîne aucun changement de pression. Dans le gaz résultant de la décomposition, j'ai pu déceler la présence du

chlore, mais non la présence de l'oxygène. Ces faits conduisent à penser que la décomposition se fait suivant la formule

$$CrO^2Cl^2 \rightarrow CrO^2 + Cl^2.$$

Les fumées seraient formées de l'oxyde CrO^2, qui a été décrit par Moissan.

Dans ces expériences, les radiations agissantes ont été celles dont la longueur d'onde est supérieure à 3500 A; les résultats obtenus ne préjugent rien sur les actions que pourrait produire l'ultraviolet de longueur d'onde inférieure à cette limite.

RADIOCHIMIE. — *Sur l'émission de rayonnement par les réactions chimiques.* Note (1) de MM. **René Audubert** et **Van Doormaal**, présentée par M. Jean Perrin.

L'émission de rayonnement par les réactions chimiques a été constatée dans un certain nombre de cas de chimiluminescence, mais il semble que l'on puisse considérer ce phénomène comme beaucoup plus général.

Récemment Franck et Radionow, en cherchant à mettre en évidence un rayonnement mitogénétique, ont montré, grâce à une cellule d'aluminium, que quelques réactions, en particulier $FeSO^4 + K^2Cr^2O^7$, sont susceptibles d'émettre du rayonnement quand on les active par la lumière visible.

Pour déceler le rayonnement de très faible intensité émis au cours des réactions chimiques, il est nécessaire d'utiliser des dispositifs d'une extrême sensibilité.

Rajewsky (2) a montré qu'un compteur de Geiger-Müller avec cathode de potassium constitue une cellule photoélectrique d'une sensibilité exceptionnelle (50 à 100 quantas cm^2/sec^{-1}).

La fréquence des décharges spasmodiques, petite à l'obscurité augmente considérablement pour de très faibles intensités de rayonnement.

Après Rajewsky, Franz Seyfert (3), Franck et Radionow (4), Gordon et Locker (5) ont réalisé des compteurs photoélectriques avec des cathodes d'aluminium, de zinc, de magnésium.

---

(1) Séance du 12 juin 1933.

(2) *Phys. Zeit.*, 32, 1931, p. 121.

(3) *Jahrbücher für Wiss. Botanik*, 76, v, Juli 1932, p. 2.

(4) *Bioch. Zeit.*, 249, 1932, p. 4 et 6.

(5) *Phys. Rev.*, 42, 1932, p. 525.

Nous avons réalisé des compteurs analogues en utilisant des photocathodes de natures différentes : CuI, Cu^2O, CuO, Cu, Al fonctionnant dans l'air ou l'azote, à des pressions de 0,1 à 27^{mm} de mercure sous des tensions comprises entre 500 et 900 volts.

L'anode de la cellule était réunie à la grille d'une lampe de haut isolement et de faible capacité; un deuxième étage était constitué par une lampe de puissance dont le circuit plaque contenait un haut-parleur et un relais connecté à un compteur téléphonique enregistrant le nombre des décharges.

Ces compteurs sont doués d'une sensibilité considérable : le rayonnement ultraviolet émis par la combustion d'une allumette est décelé à 5 ou 6^m par un roulement ininterrompu dans le haut-parleur, qui cesse dès qu'on interpose une lame de verre.

La sensibilité, fonction de la tension et de la pression, ne reste pas constante; des phénomènes de fatigue exigent fréquemment le renouvellement de la surface cathodique. Comme d'autre part l'instabilité du phénomène de décharge est très grande, on comprend que les expériences soient extrêmement délicates.

Nous avons ainsi vérifié qu'un grand nombre de réactions chimiques possèdent la propriété d'émettre des photons en quantités non décelables par les moyens ordinaires. Des résultats positifs ont été obtenus dans les cas suivants : oxydation de l'hydrosulfite, du pyrogallol, oxydation des alcools par l'acide chromique, oxydation anodique de l'aluminium, du silicium, du magnésium, du tantale, décomposition de l'eau par les amalgames (sodium, potassium, magnésium), oxydation à l'air de l'aluminium, oxydation lente du phosphore.

Le tableau suivant donne quelques-uns des résultats de ces recherches préliminaires.

	Nombre de décharges par minute	
	à l'obscurité.	en présence de la réaction.
Oxydation de l'hydrosulfite	40	70
Oxydation anodique du tantale	20	150
Oxydation anodique du silicium	25	75
Oxydation de l'alcool éthylique par l'acide chromique.	6	80
Oxydation de l'acide pyrogallique (1)	20	60
Décomposition de l'eau par l'amalgame de Mg	6	30

(1) Réaction étudiée déjà par Frank et Radionow, *loc. cit.*

Ces nombres représentent les moyennes de numération portant sur des durées de 20 minutes, chaque expérience durant plusieurs heures.

Les conclusions auxquelles conduisent ces premiers essais, données avec la réserve que comporte la difficulté de ces mesures, sont les suivantes : en premier lieu, l'intensité du rayonnement chimique croît très vraisemblablement avec la vitesse de la réaction. D'autre part, le spectre d'émission doit être caractéristique de la réaction. Les photocathodes étudiées possèdent des sensibilités spectrales différentes; CuI a sans doute une sensibilité très sélective dans l'extrême ultraviolet, nulle dans le visible; l'aluminium dont le maximum est situé vers 2000 à 2200 Å est légèrement sensible aux radiations bleu violettes, tandis que Cu^2O et CuO le sont beaucoup plus. Or, on constate que les réactions agissent de façons très différentes à l'égard de ces diverses photocathodes, par exemple, Al est sensible tant à l'ultraviolet, résultant de l'oxydation lente du phosphore qu'à celui émis par l'oxydation vive du soufre, du carbone et du phosphore, tandis que CuI est insensible à l'oxydation vive du phosphore et du soufre, ainsi que la plupart des réactions étudiées; mais est extrêmement sensible à l'oxydation du carbone.

Il est difficile, dans l'état actuel des résultats expérimentaux de préciser le mécanisme de l'émission de ce rayonnement, mais étant donnée la quantité très faible de photons émis par rapport au nombre total de molécules réagissant, on peut se demander si cette émission ne serait pas caractéristique du retour spontané à l'état normal d'une partie des molécules activées. Dans ces conditions l'étude systématique de ces phénomènes doit conduire à préciser nos connaissances sur le mécanisme intime des réactions, un compte photons pouvant être regardé comme enregistrant les aspects successifs du destin individuel de la molécule.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Électrons positifs de transmutation.*
Note de Mme **Irène Curie** et M. **F. Joliot**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons montré que des photons d'énergie suffisamment élevée peuvent produire des électrons positifs en rencontrant des noyaux lourds. Les rapports du nombre d'électrons positifs

---

([1]) Irène Curie et F. Joliot, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1581.

au nombre d'électrons négatifs, observés avec un radiateur en plomb, sont respectivement 8 et 40 pour 100 pour les rayons γ de $2,65 \times 10^6$ et (ThC″) et de 5×10^6 et (Po + Be). Le photon en rencontrant un noyau peut créer deux électrons de charges opposées.

Nous montrons ici que la transmutation de certains éléments légers par les rayons α s'accompagne de l'émission d'électrons positifs.

Une source de polonium de 20 millicuries couverte par une feuille d'aluminium est placée devant un orifice ménagé dans la paroi de la chambre à détente d'un appareil Wilson. Un champ de 400 gauss est établi dans le volume de cette chambre.

On observe l'émission de nombreux électrons positifs (environ un par détente) provenant de la source. Si l'on remplace l'aluminium qui couvre la source par une feuille d'argent, de paraffine ou de lithium, on n'observe pas d'électrons positifs. Ceux-ci sont donc produits dans l'aluminium et ne proviennent pas du polonium. Le phénomène se produit, si l'on remplace l'aluminium par le bore. L'émission des électrons positifs n'est pas due à l'action des protons de transmutation de l'aluminium sur l'aluminium. En effet, les rayons α étant complètement absorbés dans une feuille mince de Al, le nombre des électrons positifs observés ne varie pas selon qu'on absorbe les protons de transmutation dans un écran d'Al ou d'Ag. Une première statistique des énergies des électrons émis par Al irradié par des rayons α du polonium montre que la plupart de ces électrons ont une énergie inférieure à $1,6 \times 10^6$ eV; toutefois, on observe un petit nombre ayant une énergie de 2 à 3×10^6 eV. Les électrons négatifs observés avec Al ou les autres radiateurs ont presque tous une énergie inférieure à $0,7 \times 10^6$ eV et peuvent être dus en majeure partie à la présence du faible rayonnement γ de Po ($h\nu = 0,8 \times 10^6$ eV). Enfin, dans le cas d'un radiateur en aluminium, les électrons positifs sont émis aussi bien vers l'arrière que vers l'avant par rapport à la direction des rayons α. Nous interprétons ces résultats de la façon suivante :

On sait que l'aluminium ou l'isotope 10 du bore émettent sous l'action des rayons α des protons de transmutation. *Parfois la transmutation s'effectuerait avec émission d'un neutron et d'un électron positif au lieu d'un proton.* Ces deux processus qui conduisent à un même noyau transformé, sont peu différents au point de vue des énergies mises en jeu. Il y aurait lieu d'admettre l'hypothèse suivant laquelle un proton serait constitué par un neutron et un électron positif.

Il est à remarquer que ce nouveau phénomène constitue le moyen de

beaucoup le plus efficace pour produire et étudier les électrons positifs. Le nombre d'électrons positifs émis par l'aluminium est de l'ordre de 1 pour 2×10^6 particules α incidentes.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le déplacement de l'équilibre par variation de masse.* Note de M. R. **Etienne**, présentée par M. Le Chatelier.

A la suite des deux Notes récentes de M. Le Chatelier [1] sur le déplacement de l'équilibre, les considérations suivantes, empruntées à mon enseignement à l'École des Mines et qui permettent de préciser les conditions d'application de la règle classique, présenteront peut-être quelque intérêt.

1. *Notations.* — La réaction $\nu_1 A_1 + \nu_2 A_2 + \ldots = \nu'_1 A'_1 + \nu'_2 A'_2 + \ldots$ joue dans un système formé de $n_1, n_2, \ldots$ molécules des corps $A_1, A_2, \ldots$ accompagnés de $m_1, m_2, \ldots$ molécules de corps inertes. Nous prendrons comme *sens positif* pour la réaction celui qui fait apparaître les corps $A_1, A_2, \ldots$ du premier membre. $N = \nu_1 + \nu_2 + \ldots - \nu'_1 - \nu'_2 \ldots$ est la variation du nombre des molécules quand la réaction joue une fois, $\mu_1, \mu_2, \ldots$ étant les potentiels moléculaires des corps $A_1, A_2, \ldots$ la variation δZ du potentiel total lorsque la réaction joue une fois est la somme algébrique $F = \Sigma \nu_1 \mu_1$. Si la réaction joue Δx fois, la variation du potentiel est $\Delta Z = F \Delta x$.

2. *Déplacement de l'équilibre.* — Le système étant en équilibre à p et T constants, donnons un accroissement à la masse de l'un des corps réagissants A_1, n_1 devenant $n_1 + \Delta n_1$. Si ce corps n'est pas seul dans la phase qui le contient, l'équilibre est, en général, troublé. F prend une valeur $F' \neq 0$. La réaction joue Δx fois et il s'agit de déterminer le signe de Δx.

Dans la réaction spontanée qui s'accomplit, le potentiel total ne peut que diminuer. On aura donc

$$F' \Delta x = \left(F + \frac{\partial F}{\partial n_1} \Delta n_1 \right) \Delta x < 0.$$

L'état initial étant un état d'équilibre, on a $F = 0$ et l'inégalité fondamentale devient $\partial F / \partial n_1 \, \Delta n_1 \, \Delta x < 0$.

Si $\partial F / \partial n_1 > 0$, Δn_1 et Δx seront de signes contraires. Tout accroissement de masse de A_1 provoque la réaction qui consomme A_1 : règle *classique*.

Si $\partial F / \partial n_1 < 0$, conclusion inverse ; tout accroissement de masse de A_1 provoque la réaction qui produit une quantité supplémentaire de A_1 : règle classique *inversée*.

(1) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1557 et 1753.

Si $\partial F/\partial n_1 = 0$, un accroissement de masse Δn_1 ne trouble pas l'équilibre : état *indifférent*.

$\partial F/\partial n_1$ joue par suite pour la masse le rôle que jouent respectivement pour T et p les dérivées partielles $\partial F/\partial T = Q/T$ et $\partial F/\partial p = \delta V$.

Seulement $\partial F/\partial n_1$ est en général moins facile à exprimer. On y arrive cependant sans difficulté dans un certain nombre de cas importants.

3. *Mélanges gazeux.* — Dans ce cas on a $\mu_1 = \varphi_1(p, T) + RT \operatorname{Log} c_1$, en posant $c_1 = n_1/\Sigma n_1$ on tire de là

$$F = \Sigma \nu_1 \mu_1 = \Phi(p, T) + RT[\Sigma \nu_1 \operatorname{Log} n_1 - \mathfrak{N} \operatorname{Log} \Sigma n_1].$$

D'où finalement

$$\frac{\partial F}{\partial n_1} = RT\left(\frac{\nu_1}{n_1} - \frac{\mathfrak{N}}{\Sigma n_1}\right).$$

Si $\mathfrak{N}$ est nul ou négatif, $\partial F/\partial n_1$ est toujours positif.

Si $\mathfrak{N}$ est positif, il en sera de même si $c_1 < \nu_1/\mathfrak{N}$. Mais au contraire $\partial F/\partial n_1$ sera négatif, et la règle inversée s'appliquera si $c_1 > \nu_1/\mathfrak{N}$. Dans ce cas, il n'y aura de valeurs acceptables pour c_1 que si $\nu_1/\mathfrak{N} < 1$ ou $\mathfrak{N} > \nu_1$ ce qui implique, $\mathfrak{N}$ et ν_1 étant entiers, $\mathfrak{N} \geqq 2$.

4. *Domaine d'application des deux règles.* — La règle classique inversée pourra donc s'appliquer à un constituant A_1 lorsque la réaction qui produit ce constituant s'effectuera avec une augmentation du nombre des molécules au moins égale à deux $\mathfrak{N} \geqq +2$, et que le coefficient ν_1 du constituant sera inférieur à $\mathfrak{N}$. Elle sera valable à partir de tous les états d'équilibre pour lesquels $c_1 > \nu_1/\mathfrak{N}$. *Exemples :*

$$\underline{CO} + 3H^2 = CH^4 + H^2O.$$

La règle inversée peut s'appliquer à un corps du premier membre $\mathfrak{N} = 2$. La condition $\nu_1 < \mathfrak{N}$ élimine H^2. Elle est au contraire satisfaite pour N^2.

$\underline{N^2} + 3H^2 = 2NH^3$	$\underline{CO^2} + 4H^2 = CH^4 + 2H^2O$
$\underline{CO} + 2H^2 = CH^4O$	$n\underline{CO} + (2n+1)H^2 = C_nH_{2n+2} + nH^2O$
$HCN + 2H^2 = CH^3NH^2$	$n\underline{CO} + 2nH^2 = C_nH_{2n+2}O + (n-1)H^2O.$

5. *Cas particulier des mélanges ternaires gazeux* avec une réaction telle que $\nu_1 A_1 + \nu_2 A_2 = \nu_3 A_3$. La règle inversée ne saurait s'appliquer au composé A_3 puisqu'on ne peut avoir $\nu_3 < \nu_3 - \nu_1 - \nu_2$. Mais elle pourra s'appliquer au composant A_1 si l'on a $\nu_1 < \nu_1 + \nu_2 - \nu_3$, ou simplement $\nu_2 > \nu_3$ (vérification sur les exemples ci-dessus).

6. *Variation de la concentration au cours de la réaction provoquée.* — La

réaction jouant Δx fois, la concentration $c_1 = n_1/\Sigma n_1$ devient

$$c_1 + \Delta c_1 = \frac{n_1 + \nu_1 \Delta x}{\Sigma n_1 + \mathfrak{N} \Delta x},$$

d'où l'on tire, Δx restant très faible,

$$\Delta c_1 = c_1 \left(\frac{\nu_1}{n_1} - \frac{\mathfrak{N}}{\Sigma n_1} \right) \Delta x.$$

On voit que Δc_1 et Δx seront du même signe ou inversement selon le signe de la parenthèse déjà rencontrée dans l'expression de $\partial F/\partial n_1$.

En substituant dans cette dernière, on obtient

$$\frac{\partial F}{\partial n_1} = \frac{RT}{c_1} \frac{\Delta c_1}{\Delta x},$$

et l'inégalité fondamentale devient

$$\frac{\partial F}{\partial n_1} \Delta n_1 \Delta x = \frac{RT}{c_1} \Delta n_1 \Delta c_1 < 0,$$

ou enfin $\Delta n_1 \Delta c_1 < 0$.

Tout accroissement de masse du constituant A_1 *provoque celle des deux réactions inverses qui fait diminuer la concentration de ce constituant et inversement.*

La simplification obtenue est très grande. Elle est également très intéressante au point de vue du concept de l'opposition de l'action à la réaction.

Mais il faut prendre garde que la réaction qui fait diminuer la concentration du constituant considéré sera tantôt celle qui consomme ce constituant, tantôt celle qui le produit.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude du catalyseur au fer utilisé pour l'hydrogénation de l'oxyde de carbone à la pression ordinaire.* Note de MM. **Decarrière** et **J. Antheaume**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Nous nous proposons d'étudier ici l'influence de deux substances préconisées comme adjuvants : le cuivre et le carbonate de potassium [1] et [2]. Nous utilisons un catalyseur constitué par un mélange oxyde de fer-cuivre-carbonate de potassium comme celui qu'adopta F. Fischer [2] pour l'une de ses recherches (1 atome de cuivre pour 4 atomes de fer, et $0^g,01$ de carbonate de potassium par gramme des deux métaux); nous comparons les

(1) E. Audibert et A. Raineau, *Ann. Combustibles liquides*, 3, 1928, p. 374, 377, 409.
(2) Fr. Fischer, *Brennstoff-Chemie*, 11, 1930, p. 492.

résultats publiés par ce savant avec ceux que nous avons obtenus en réduisant d'abord notablement la teneur en cuivre, puis en l'annulant, enfin, en supprimant rigoureusement le carbonate alcalin.

La technique opératoire est la suivante : nous préparons le catalyseur en mettant en suspension la terre d'infusoires dans la solution aqueuse des nitrates ferrique et cuivrique, à raison d'un gramme de terre par gramme des métaux, et nous précipitons par le carbonate de potassium en très faible excès; nous lavons le précipité jusqu'à neutralité, puis pour certaines catégories d'essais lui incorporons du carbonate de potassium supplémentaire; dans d'autres cas, nous éliminons au contraire par lavage électrolytique les traces restantes de carbonate et de nitrate de potassium.

Dans tous les cas, la substance est ensuite séchée à 110°, afin de pouvoir être pulvérisée; puis, après tamisage, nous en prélevons un poids donné qui est réparti en traînée régulière sur une longueur déterminée dans un tube en verre Pyrex et soumis à la réduction ménagée par l'hydrogène pur, à 250°; la température est contrôlée au moyen d'un thermomètre à mercure dont le réservoir est placé dans le catalyseur même.

Sur ce catalyseur, maintenu à cette même température, nous envoyons ensuite le mélange ($CO + 1,75\ H^2$) des gaz purifiés; les gaz sortants sont refroidis à $-23°$, puis à $-80°$ et abandonnent un mélange d'hydrocarbures, que l'on scinde facilement en paraffine et hydrocarbures liquides à la température ordinaire.

Les expériences sont résumées dans le tableau suivant; nous faisons remarquer que le catalyseur initial, type Fischer, pourrait être plus actif : nous avons en effet utilisé dans toutes ces expériences une terre d'infusoires de densité apparente relativement élevée (0,4) :

	Composition du catalyseur.			Composition du condensat par m³ de gaz traité.			Composition pour 100 du condensat global.		
	Fe.	Cu.	CO^3K^2.	Eau.	Hydrocarbures liq.	Paraffines.	Eau.	Hydrocarbures liq.	Paraffines.
Catalyseur initial (Type Fischer).......	4 at	1 at	0,02 mol	4,6 g	4,5 g	2,2 g	40,7	39,8	19,5
Moins de cuivre.	4	0,1	0,02	10,5	21,7	10,8	24,4	50,5	25,1
Sans cuivre....	4	0	0,02	–	0	0	–	0	0
Sans CO^3K^2...	4	1	0	4,6	6,7	2,1	34,5	50,0	15,7
Lavé électrolytiquement...	4	1	0	19,6	37,4	13,0	28,0	53,4	18,6
Sans Cu, lavé électrolytiquement.....	4	0	0	10	–	2	83	–	17

Il résulte de ces expériences que la masse de catalyse privée de cuivre est pratiquement inactive; mais, il semble qu'il est fort avantageux d'utiliser un catalyseur contenant moins de cuivre que celui de Fischer; bien entendu, ce résultat n'est peut-être pas applicable dans la pratique, où l'on cherche à la fois la qualité et la durée, nos expériences n'ayant pu être continuées pendant un temps supérieur à une semaine.

Le rôle du carbonate de potassium est défavorable, puisqu'il est possible, en le supprimant complètement par un lavage électrolytique très poussé, d'obtenir un catalyseur à rendement supérieur.

Dans le cas du catalyseur inactif, on constate, par l'analyse thermomagnétique, que l'on a affaire à du sesquioxyde de fer non réduit. On peut penser que la trace de cuivre est nécessaire pour obtenir l'oxyde de fer actif, car la réduction du sesquioxyde de fer pur ne se fait qu'au-dessus de 300°, alors qu'elle se produit dès 250°, en présence de cuivre, température où s'effectue la catalyse que nous étudions.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur les variations des températures d'inflammation spontanée des mélanges d'hydrogène et d'air en fonction de la vitesse d'échauffement.* Note de M. **Marcel Prettre**.

Dans de précédentes Notes [1] M. Laffitte et moi avons donné les résultats de déterminations des températures d'inflammation spontanée des mélanges d'hydrogène et d'air sous la pression atmosphérique. La méthode de mesure consistait à introduire *brusquement* les gaz dans un récipient vide et chauffé (méthode du pyromètre). Nous avons montré, en particulier, qu'un mélange s'enflamme à une température plus élevée, lorsque, au moment de son introduction dans le récipient, celui-ci contient une quantité, même très faible, de gaz venant de subir l'oxydation lente.

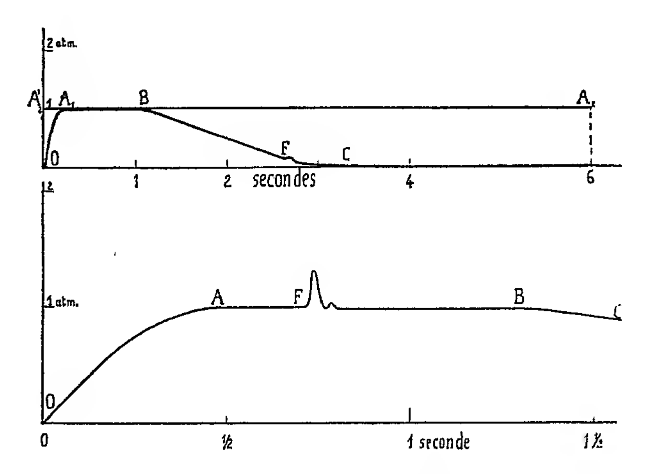
J'ai pu mettre à nouveau en évidence l'influence des produits de l'oxydation lente au moyen d'un appareil à circulation de gaz combustibles. Un courant régulier de ces gaz est introduit à une vitesse connue dans une chambre de combustion au moyen de tubes de même longueur et de divers diamètres. Un mélange oxhydrique s'enflamme à une température de plus en plus élevée, quand diminue le débit gazeux ou quand augmente le diamètre du tube adducteur. Ceci revient à ralentir la vitesse d'échauffement

(1) *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 763; 188, 1929, p. 397.

des gaz, donc à rendre plus importantes les transformations du mélange initial durant le chauffage progressif. Ces transformations sont d'ailleurs peu considérables.

Ainsi un mélange à 55,0 pour 100 d'hydrogène et 45,0 pour 100 d'air, introduit au moyen d'un tube de 5^{mm} de diamètre et 10^{cm} de longueur à la vitesse de 4 litres/heure dans un récipient porté à 650°, titre encore 54,6 pour 100 d'hydrogène au moment où il arrive dans le récipient. Dans ces conditions, l'inflammation se produit à 654°; elle a lieu à 628°, si l'on élève le débit à 6 litres/heure; lorsqu'on porte ce débit à 7 litres et qu'on remplace le tube adducteur de 5^{mm} par un tube de 1^{mm}, la réaction explosive se produit dès 550°. Au contraire, avec un débit de 1,5 litre, il n'y a jamais inflammation, même à 800°, quel que soit le diamètre du tube.

Toutefois le même mélange s'enflamme à 480° par introduction brusque



dans un récipient vide. Il était à craindre qu'un écart aussi considérable entre les résultats des deux méthodes ne fût pas uniquement dû à la différence de vitesse d'échauffement des gaz. On pouvait imaginer une inflammation prématurée du mélange, avant que soit terminé le remplissage du récipient, hypothèse faite récemment par M. Tauzin [1]. Des enregistrements de la pression dans ce récipient en fonction du temps m'avaient prouvé, il y a plusieurs années déjà, qu'il n'en était rien. Deux de ces enregistrements, relatifs au mélange : 69,1 pour 100 H^2 et 30,9 pour 100 air, sont reproduits dans la figure. Le tracé supérieur a été obtenu pour une température de 500°, trop basse pour qu'il y ait inflammation de ce mélange très pauvre en oxygène, sauf lors de la vidange (point F) effectuée en aval

[1] M. Tauzin, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1605.

des canalisations de remplissage et qui élimine donc tout d'abord les produits de combustion incomplète pour laisser prédominer finalement les gaz frais des conduites d'amenée. Le tracé inférieur a été enregistré à 506°, il y a inflammation en F, environ 1/4 de seconde *après la fin du remplissage*.

On peut donc conclure que l'inflammation des mélanges oxhydriques à la pression atmosphérique se produit à des températures d'autant plus basses, que l'on évite mieux les réactions d'oxydation durant l'échauffement. Toutes les méthodes comportant un chauffage *très rapide* [méthode du pyromètre, compression adiabatique (¹)] provoquent l'inflammation du gaz tonnant dès 450 ou 500°, quelle que soit la pression entre 1 et 12^{atm}. Le chauffage séparé de l'hydrogène et de l'oxygène à une même température, suivi de leur mélange brusque, a permis à Fiesel (²) d'obtenir la réaction explosive du gaz tonnant à des températures voisines de 400° seulement, sous 1^{atm} environ.

Ces résultats semblent en désaccord avec ceux obtenus par Hinshelwood et ses collaborateurs (³), qui ont étudié l'oxydation lente et explosive de l'hydrogène sous des pressions de quelques centimètres de mercure. Ils ont observé un accroissement très rapide de la température d'inflammation en fonction de la pression. Le mélange $2H^2 + O^2$, par exemple, s'enflamme, d'après eux, à 460° sous 1^{cm} et à 570° sous 13^{cm}. Mais les dispositifs expérimentaux de ces auteurs ne leur permettaient d'obtenir la flamme qu'après une période assez longue d'oxydation lente. Si, sous ces pressions, les réactions d'oxydation lente ont une vitesse notable et produisent le même effet que sous 1^{atm}, il est à craindre que les résultats précédents ne soient beaucoup plus élevés que ceux qui seraient obtenus par un chauffage très rapide du gaz tonnant ou, mieux encore, par un chauffage séparé des constituants, suivi d'un brusque mélange. Les variations du point d'inflammation de leur mélange oxhydrique en fonction de la pression seraient alors sans doute beaucoup moins considérables et les résultats sous basse pression ne différeraient pas autant de ceux obtenus sous un ou plusieurs atmosphères.

(¹) H. B. Dixon, J. Harwood et W. F. Higgins, *Trans. Far. Soc.*, **22**, 1926, p. 267; T. Tizard, *Proc. N. W. Coast Inst. Eng.*, **31**, 1921, p. 381.

(²) H. Fiesel, *Zts. phys. Chem.*, **97**, 1921, p. 158.

(³) C. N. Hinshelwood et collaborateurs, *Proc. Roy. Soc.*, série A, **118**, 1929, p. 170; **122**, 1929, p. 610; **129**, 1930, p. 589; **138**, 1932, p. 311.

CHIMIE MINÉRALE. — *Doubles décompositions entre les halogénures de germanium et les halogénures des éléments trivalents, tétravalents et bivalents.* Note de M. T. **Karantassis**, présentée par M. G. Urbain.

Dans un travail précédent (1) nous avons étudié les doubles décompositions entre les halogénures des éléments trivalents et tétravalents. Nous avons poursuivi cette étude avec les dérivés halogénés du germanium et les halogénures des éléments trivalents, tétravalents et bivalents.

Tribromure d'arsenic et iodure de germanium. — Entre ces halogénures la réaction devrait se produire d'après l'équation

$$4\,Br^3As + 3\,I^4Ge \rightarrow 4\,I^3As + 3\,Br^4Ge,$$

qui a été vérifiée comme suit : le mélange des deux substances est un liquide rouge orangé, l'iodure de germanium, étant soluble dans le Br^3As, est chauffé dans un petit ballon à distiller en pyrex, placé dans un bain de nitrates alcalins fondus : pour éviter l'action de l'air et de l'humidité on a opéré dans un courant de CO^2 sec. On a recueilli d'abord la portion qui passe de 183° à 200°, formée d'un liquide fumant légèrement à l'air et coloré en violet par une trace d'iode, qui est du Br^4Ge. Le résidu distillé entre 39°,4-41°,4 est du triiodure d'arsenic pur. On a recueilli 1g,2 de I^3As au lieu de 1g,8.

La double décomposition peut être considérée comme totale dans les sens de la flèche.

Trichlorure d'arsenic et iodure de germanium. — En opérant comme précédemment selon la réaction

$$4\,Cl^3As + 3\,I^4Ge = 3\,Cl^4Ge + 4\,I^3As,$$

on obtient une portion de tête passant entre 83°-86°,5 ; c'est du Cl^4Ge. Le résidu ne distille qu'au-dessus de 345° : c'est du I^3As pur. On a recueilli 3g de I^3As au lieu de 3g,2.

La réaction peut donc être considérée comme complète.

Triodure d'arsenic et chlorure de germanium. — Pour savoir si la réaction précédente est réversible, on a fait un essai en faisant agir du I^3As sur Cl^4Ge molécule à molécule. Ces deux corps ne réagissent pas. En chauffant

(1) T. Karantassis, *Annales de Chimie*, 10e série, 8, 1927, p. 71.

en tube scellé à 200° pendant 3 heures, 3 molécules de Cl^4Ge et 4 molécules de I^3As on a, après refroidissement, un liquide et une masse solide. La partie liquide, distillée, a donné presque tout le Cl^4Ge employé. La masse solide, composée de I^3As, ne contenait que des traces indosables de germanium.

Trichlorure d'antimoine et iodure de germanium. — En opérant avec les quantités théoriques, la réaction

$$4Cl^3Sb + 3I^4Ge \rightarrow 3Cl^4Ge + 4I^3Sb$$

a lieu dans le sens $\rightarrow$ et l'on isole par distillation le Cl^4Ge formé. Le résidu est composé de I^3Sb pur. On a recueilli 3g,8 au lieu de 4g.

Pentachlorure d'antimoine et iodure de germanium. — Comme il fallait s'y attendre, on observe une vive réaction des composants : il se dépose de l'iode formé d'après l'équation

$$2Cl^5Sb + I^4Ge \rightarrow 2Cl^3Sb + Cl^4Ge + 2I^2.$$

A douce température, en effet, Cl^5Sb possède une légère tension de dissociation. On aura donc

$$Cl^5Sb \rightleftharpoons Cl^2 + Cl^3Sb.$$

Le chlore libéré réagit sur I^4Ge pour donner

$$2Cl^2 + I^4Ge \rightarrow 2I^2 + Cl^4Ge$$

jusqu'à dissociation complète du pentachlorure. Le trichlorure ainsi formé donne lieu à la double décomposition précédemment étudiée.

Chlorure de bismuth et iodure de germanium. — En opérant avec les quantités théoriques, la réaction

$$4Cl^3Bi + 3I^4Ge \rightarrow 4I^3Bi + 3Cl^4Ge$$

est totale dans le sens de la formation de I^3Bi. Le système inverse I^3Bi et Cl^4Ge ne réagit absolument pas.

Triïodure de phosphore et chlorure de germanium. — La réaction devait être

$$4I^3P + 3Cl^4Ge \rightarrow 3I^4Ge + 4Cl^3P.$$

On l'a vérifiée comme suit : le mélange des substances est chauffé dans un petit ballon à distiller comme précédemment.

On recueille d'abord la portion qui passe entre 76° et 80°, formée d'un liquide fumant légèrement à l'air et coloré en violet par une trace d'iode : c'est du Cl^3P.

Le résidu ne distille qu'au-dessus de 350° : c'est du I^4Ge pur.

La réaction est totale dans le sens de la formation de I^4Ge.

Après distillation de ce dernier, il restait au fond du ballon un résidu grisâtre insignifiant composé de phosphore rouge et de sous-oxydes de phosphore.

Tétraiodure de titane et chlorure de germanium. — Si l'on mélange du Cl^4Ge et du I^4Ti, et chauffe légèrement, il se produit une vive réaction. Il se forme I^4Ge et Cl^4Ti. La double décomposition est totale dans le sens de la formation de I^4Ge.

Chlorures métalliques et iodure de germanium. — La double décomposition entre I^4Ge et les chlorures métalliques est complète avec Cl^4Sn; Cl^2Zn; Cl^2Cd; Cl^2Hg; Cl^2Pb. On a isolé le Cl^4Ge et les iodures métalliques formés en quantité théorique. Par contre, et comme vérification des réactions précédentes, on a constaté que les systèmes formés par I^4Ge et les chlorures suivants : Cl^3P; Cl^4Si; Cl^4Ti; Cl^4Zr; Cl^4Th ne subissent aucune réaction de double décomposition.

Cette étude sur les doubles décompositions entre les halogénures des éléments trivalents et tétravalents et bivalents confirme en général les résultats précédents, sur les doubles décompositions entre les halogénures des éléments trivalents et tétravalents.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques produits de la combustion lente du benzène.* Note de M. **Jean Amiel.**

L'étude des produits de la combustion lente du benzène condensables à la température ordinaire ou vers — 10°C. a déjà été faite par divers chercheurs, en particulier par Mardles [1] qui a caractérisé la présence de phénol. Je citerai également les expériences de Weiss et Down [2] qui, en présence d'oxyde de vanadium, ont obtenu de la benzoquinone. Mes expériences ont été effectuées dans des conditions un peu différentes et font partie d'un ensemble de recherches sur la combustion lente du benzène.

Dans une Note antérieure [3] j'ai déjà signalé la formation de produits liquides, incolores ou jaunes clairs d'odeur irritante, qui se déposent sur les parois des tubes en pyrex dans lesquels j'avais chauffé un mélange de

(1) Mardles, *Trans. Faraday Soc.*, **27**, 1931, p. 681.

(2) Weiss et Down, *J. of Ind. and Eng. Chem.*, **12**, 1920, p. 228.

(3) Amiel, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1122.

composition $C^6H^6 + 15O$. Pour une durée de chauffage de deux heures, d'une demi-heure ou d'un quart d'heure, c'est vers 460°, vers 480° ou vers 490° C. qu'on obtient un rendement optimum. Dans ces gouttelettes j'ai caractérisé la présence de phénol et d'un peu de benzoquinone, l'absence d'aldéhydes et de peroxydes.

Détail des analyses. — Les produits sont dissous dans 1 à 1^{cm^3},5 d'eau.

Réactif d'Eykmann. — J'ajoute un peu de nitrite d'éthyle dissous dans l'alcool et de l'acide sulfurique concentré; j'observe une coloration rouge caractéristique du phénol.

Réactif de Millon. — J'ajoute un peu du liquide à une solution légèrement acide et chaude de nitrate mercurique; il apparaît une coloration rouge due au phénol. Plugge (1) a montré la grande sensibilité de ce réactif.

Chlorure ferrique. — J'observe une coloration violacée, très pâle, disparaissant dans un excès de réactif.

Réactif de Schiff. — Je n'ai jamais observé de coloration.

Nitrate d'argent ammoniacal. — J'obtiens, à chaud, un précipité noir d'argent; cette réduction est effectuée par le phénol.

Solution neutre d'iodure de potassium. — Je n'observe jamais de mise en liberté d'iode; en agitant vivement avec quelques gouttes de benzène, je ne vois pas celui-ci se colorer.

Solution acide d'iodure de potassium. — J'acidule avec une ou deux gouttes d'acide chlorhydrique par centimètre cube de solution au moment de l'emploi (le réactif ne se conserve pas) et je compare avec un ou deux tubes témoins. J'observe une légère coloration rose du benzène qui rassemble l'iode libéré. C'est une réaction très sensible des quinones.

J'ai essayé de refroidir rapidement les produits de la combustion lente en remplaçant le tube scellé par un tube terminé par un capillaire sortant du four et muni d'un robinet. Les gaz chauds sont rapidement aspirés et traversent un tube à paroi mince refroidi vers — 65° C. La solution obtenue en lavant ce tube à l'eau froide présente les caractères des solutions diluées de phénol, mais ne libère jamais l'iode de l'iodure de potassium. Il y a là une différence très nette avec les résultats obtenus par Mondain-Monval et Quanquin (2) pour le pentane, l'hexane, l'octane, soit que le mécanisme

(1) *Zeit. anal. Chem. Fresenius*, **11**, 1872, p. 173.
(2) *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 299.

d'oxydation du benzène diffère de celui de ces carbures, soit que les peroxydes intermédiaires soient beaucoup plus instables.

Remarque. — J'ai montré précédemment que ces produits ne renfermaient pas plus de 1 pour 100 de l'oxygène introduit. En tenant compte de la masse totale du benzène (25^{mg} en moyenne) et en considérant les trois schémas :

$$C^6H^6 + 15O \rightarrow 6CO^2 + 3H^2O$$
$$C^6H^6 + o \rightarrow C^6H^5OH$$
$$C^6H^6 + 3o \rightarrow C^6H^4O^2 + H^2O$$

on obtient les limites supérieures suivantes : $4^{mg},5$ de phénol ou $1^{mg},7$ de benzoquinone.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la réaction du soufre avec les terpènes et l'utilisation de cette réaction pour la préparation d'une solution d'or liquide.* Note [1] de M. **Pierre Boudnikoff**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Nous avons montré [2] qu'il se forme dans l'action du soufre sur les terpènes un sulfure de terpène, $C^{10}H^{16}S$, qui donne avec les sels des métaux lourds des combinaisons complexes, dans lesquelles le métal est directement combiné au soufre. L'addition de CH^3I au produit de la distillation dans le vide des sulfures de terpène donne naissance à un dépôt cristallin très fin, soluble dans l'alcool éthylique et précipitable par addition d'éther. Cette combinaison est le méthylterpène-sulfonium $C^{10}H^{16}S.CH^3I$, qui donne des combinaisons stables avec le chlorure mercurique, l'iodure mercurique et l'iodure arsenic. Les chlorures de la plupart des métaux lourds : or, platine, plomb, cuivre, donnent des dépôts analogues mais difficiles à dissoudre et peu stables, dont l'analyse n'a pu être faite.

Le rendement en iodure de méthylterpène-sulfonium est faible; il n'est que de 15 pour 100 de la quantité du soufre initial, dans les fractions distillées et au total de 3 pour 100 seulement par rapport à la quantité théorique. On obtient plus facilement le sulfure de terpène par l'action du

(1) Séance du 29 mai 1933.

(2) P. Boudnikoff, *Z. für angew. Chemie*, **92**, 1922, p. 653; *Chem. Zentralbl.*, 3e série, **3-4**, 1922, p. 235; P. Boudnikoff et E. Schilow, *Deutsche Chem. Ges.*, H.11, 1922, p. 3848; *J. of the amer. cer. Soc.*, 6, IX, 1923, p. 1000; *Rev. Soc. Russe de Physico-Chimie*, 54, 1924, p. 8; P. Boudnikoff, *Ber. d. d. ker. Ges.*, 1931, H.6, p. 279.

chlorure de soufre S^2Cl^3 sur les terpènes. La réaction se produit brusquement au refroidissement, le soufre et le chlore se combinant simultanément avec les terpènes.

En ajoutant une solution alcoolique ou éthérée de chlorure d'or $AuCl^3$ au produit de la réaction, on obtient une huile rouge, épaisse, renfermant les produits chlorurés des terpènes et tenant en dissolution la combinaison de chlorure d'or avec les thio-dérivés du terpène, c'est-à-dire le corps $C^{10}H^{16}S.AuCl^3$.

On obtient un produit plus pur par l'action du sulfure d'azote, Az^4S^4, sur les terpènes ([1]). Ce sulfure d'azote est préparé par l'action de l'ammoniac gazeux pur sur les mono et bichlorure de soufre. Les combinaisons $PSCl^3$ et P^2S^5, les polysulfures des métaux alcalins cèdent également leur soufre aux terpènes.

Le sulfure de terpène sert pour la préparation des solutions d'or liquide utilisées dans l'industrie céramique. Pour obtenir ces solutions, on fait bouillir, à 160-170° C. pendant 1 heure et demie, un mélange de térébenthine de Venise avec de la fleur de soufre ou du sulfure d'azote, puis on ajoute au produit de la réaction une solution de chloroaurate de potassium, $KAuCl^4$, dans l'alcool méthylique. On agite le mélange et au bout d'une heure on évapore l'alcool. Le résidu est dissous dans le chloroforme; il est neutralisé avec de la soude et filtré. On verse la liqueur filtrée dans l'alcool méthylique; le résinate d'or précipité est lavé à l'alcool méthylique et séché à 40°. Le résinate ainsi préparé est dissous dans un mélange d'huiles de romarin et de fenouil. On ajoute comme fondant du résinate de rhodium dissous dans l'huile de sassafras (3,5 pour 100 de Rh), de la liqueur de bismuth, de la liqueur de chrome, de l'asphalte assyrien dissous dans le nitrobenzol et enfin une solution de résine dans l'huile de fenouil, qui sert d'épaississant (F. Chemnitius, *Journal für praktische Chemie*, 119, 1928, n°s 7 et 8; *Chem. Zeit.*, n° 88, 1928, p. 857. Voir aussi V. Tischtschenko et Smirnow, *Rev. soviétique de Chimie appliquée*, 3, n° 7, 1930, p. 1041). Une bonne préparation doit contenir de 12 à 16 pour 100 d'or. Le mélange liquide ainsi obtenu de couleur brun foncé est porté au pinceau sur l'objet céramique préalablement émaillé. On dessèche lentement et porte au moufle, où par une cuisson entre 600 et 700° l'or est réduit de ses combinaisons et donne une mince pellicule d'or brillant.

([1]) Abbeg, *Anorganische Chemie*, 3, 1907, p. 102.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les dérivés chlorés du paraxylène.* Note de M. **Henri Wahl**, présentée par M. C. Matignon.

On connaît la grande importance que présentent les dérivés chlorés des carbures aromatiques pour les industries organiques, mais tandis que les réactions des dérivés chlorés du benzène, du toluène et même du naphtalène sont assez bien connues, celles des xylènes le sont beaucoup moins; c'est ce qui m'a engagé à entreprendre leur étude. J'ai choisi pour le début les dérivés du paraxylène, d'abord parce que ce carbure est aujourd'hui aisément accessible à l'état pur et ensuite parce que la symétrie de sa constitution, en réduisant le nombre d'isomères, doit en faciliter la séparation.

La chloruration du paraxylène a déjà été entreprise par Kluge (*Ber. d. chem. Ges.*, 18, 1885, p. 2093) qui, en présence d'iode, a obtenu un mono et un dichloroxylène; il ne donne aucune précision sur son mode opératoire et ne fournit aucune analyse. Willgerodt et Wolfien (*Journ. f. prakt. Chem.*, 2e série, 39, p. 402) opèrent en présence de fer et arrêtent l'action du chlore quand apparaissent les cristaux du dérivé dichloré.

J'ai fait agir le chlore sec sur du paraxylène en présence de 2 pour 100 de limaille de fer et en maintenant la température au voisinage de 10-15°. Afin de limiter autant que possible la réaction au terme monochloré, il est bon d'arrêter l'introduction du chlore quand l'augmentation du poids correspond à une transformation d'environ 60 pour 100. Le produit séparé du fer, lavé, puis soumis à la distillation fractionnée, fournit le *monochloroparaxylène*, liquide incolore, bouillant à 184°, se solidifiant dans la glace et fondant à $+1°,6$; l'analyse a donné : Cl pour 100, 25,40; calculé pour C^8H^9Cl : Cl pour 100, 25,26. Sa densité est $D^{1}_{15} = 1,0589$.

Le monochloroparaxylène réagit avec l'acide nitrique, soit seul, soit dilué avec l'acide acétique ou l'acide sulfurique pour donner des composés nitrés cristallisés. Je ne décrirai pour le moment que les dérivés mononitrés qui s'obtiennent de la manière suivante :

Dans une partie du dérivé chloré, on fait tomber goutte à goutte en agitant et en refroidissant un mélange sulfonitrique formé de 0,9 partie de NO^3H à 40° Bé et de 3 p. de SO^4H^2 concentré, en restant au voisinage de 0°; quand l'acide est introduit, on laisse revenir lentement à la température ordinaire, puis chauffe à 50° et finalement on refroidit et verse sur la glace. Le produit se sépare en une masse de cristaux baignés d'une huile qu'on élimine par essorage. Les cristaux pressés, lavés, sont purifiés par

cristallisation dans l'alcool d'où ils se déposent en longues aiguilles jaune clair F = 77° bouillant vers 265° à la pression ordinaire en se décomposant légèrement et à 135-136° sous 13mm sans décomposition. L'analyse a fourni les chiffres suivants : Cl = 19,16 %; N = 7,64 %; C = 52,2 %; H = 4,7 % correspondant à $C^8H^8ClNO^2$ qui demande Cl = 19,14 %; N = 7,56 %; C = 51,78 %; H = 4,3 %. Il s'agit donc d'un *mononitrochloroparaxylène ;* comme je le montrerai plus loin sa constitution est celle du *nitro* 2 *chloro* 5 *diméthyl* 1.4-*benzène* (I).

Quant à la partie liquide, elle dépose, quand on la refroidit, des cristaux identiques aux précédents, qui sont séparés, puis elle est soumise à la distillation dans le vide : on en retire un liquide Eb_{13mm} = 127-137° dont l'analyse indique qu'il s'agit d'un dérivé nitré isomère du précédent (Cl = 18,96 pour 100, N = 7,80 pour 100). Il s'en forme environ 30 pour 100. Cependant, même plusieurs fractionnements ne fournissent pas de portion dont les caractères permettent d'affirmer qu'on a affaire à un corps pur.

L'étude de la réduction a permis, au contraire, d'isoler deux amines isomères et d'établir la constitution de l'une d'elles.

La réduction des dérivés nitrés peut être effectuée par l'étain et l'acide chlorhydrique concentré, avec ou sans alcool, ou par le zinc en poudre et l'acide acétique, en milieu aqueux ou hydro-alcoolique, ou encore par le fer en milieu faiblement acide. Le mode opératoire qui peut beaucoup varier consiste, en principe, à éliminer les sels métalliques puis à extraire la base par un dissolvant organique ou par entraînement à la vapeur d'eau, de préférence surchauffée. La réduction du nitrochloroparaxylène solide fournit ainsi une base cristallisée (F = 92-93° et bouillant à 135-136° sous 15mm) dont l'analyse conduit à la formule d'une chloroxylidine $C^8H^{10}NCl$. La seule chloroparaxylidine connue a été obtenue d'abord par Jannasch (*Liebig's Ann.*, 176, 1874, p. 55) dans la réduction du nitroparaxylène par l'étain et l'acide chlorhydrique, puis par Wheeler et Morse (*Amer. Chem. Soc.*, 46, 1924, p. 2572) en chlorant l'acétylparaxylidine. Or, les caractères du produit précédent correspondent à ceux de la base décrite par ces auteurs ; d'ailleurs un échantillon, préparé d'après Wheeler, s'est montré identique ainsi que les dérivés acétylés qui fondent à 176°. Parmi les dérivés nouveaux, j'ai préparé le *dérivé benzoylé* (F = 163°) ainsi que le *picrate*, prismes orangés [F = 195° (dec)] qui eux aussi sont identiques. La constitution de cette chloroparaxylidine a été établie par les auteurs américains, comme répondant à la formule (II). Il en résulte que le dérivé nitré

dont elle provient et que j'ai décrit possède la constitution (I) qui a été indiquée plus haut :

CH^3 / Cl / NO^2 / CH^3 (I). → CH^3 / Cl / NH^2 / CH^3 (II).

La réduction du nitré liquide conduit dans les mêmes conditions à un mélange d'amines qui, par refroidissement dans la glace, laisse déposer quelques cristaux ($F = 93^\circ$) identiques avec les précédents; la partie huileuse distillée dans le vide ne montre pas de séparation nette. Par contre celle-ci réussit bien par cristallisation fractionnée des chlorhydrates. Ainsi 1,3 parties d'huile sont dissoutes dans 1 partie HCl concentré et 5 parties d'eau en chauffant et, par un lent refroidissement, il se dépose un chlorhydrate qui, essoré et décomposé par un alcali, fournit une amine cristallisée en aiguilles blanches ($F = 40^\circ$) et bouillant à 132-133° sous 15^{mm}. L'analyse a donné : C, 61,91 pour 100; H, 6,0 pour 100; Cl, 22,99 pour 100; N, 8,96 pour 100, chiffres qui montrent qu'il s'agit d'une *chloroparaxylidine* isomère. Son dérivé *acétylé* fond à 171°, son dérivé *benzoylé* fond à 177° et *son picrate* cristallise en fines aiguilles jaunes ($F = 171$-172°, déc.).

Les essais qui sont en cours permettront, sans doute, d'établir la constitution de cette nouvelle base ainsi que celle du nitré dont elle dérive.

GÉOLOGIE. — *La Mission scientifique de l'Omo.* Note de MM. C. Arambourg et R. Jeannel.

Cette Note a pour but de rendre compte à l'Académie de la mission pour laquelle elle a bien voulu nous accorder son patronage au cours de l'année 1932.

Organisée en collaboration avec le Dr P.-A. Chappuis, sous-directeur de l'Institut de Spéologie de Cluj (Roumanie), cette mission avait reçu l'appui du Ministère de l'Éducation nationale, du Muséum, de l'Institut de Paléontologie humaine, et de quelques autres organismes. Elle avait pour but l'exploration paléontologique de la basse vallée de l'Omo, en Éthiopie méridionale, où Du Bourg de Bozas et Brumpt avaient, dès 1903, signalé la présence d'importants gisements de Vertébrés fossiles. Elle devait également effectuer l'étude zoologique des régions traversées et particulièrement

celle des hautes montagnes situées au nord de la Colonie anglaise du Kénya.

Partie de France en octobre 1932, la mission se rendit directement à Nairobi, capitale de la Colonie du Kénya, où M. le Gouverneur général Sir Joseph Byrne, ainsi que toutes autorités britanniques, lui réservèrent le plus favorable accueil et lui procurèrent toutes les facilités nécessaires à l'accomplissement de sa tâche.

Après avoir achevé son organisation matérielle, l'expédition partit de Nairobi à la fin de novembre par camions automobiles et gagna Kitale au pied du mont Elgon. Cette localité, qui forme le terminus d'un embranchement du « Kénya and Uganda Railway », est le dernier centre de civilisation dans le nord de la Colonie du Kénya, et a servi de base à notre expédition.

A partir de Kitale, l'itinéraire prévu comportait la traversée des régions du West-Suck, du Turkana et celle des monts Lubur, qui forment la bordure ouest du lac Rodolphe.

Le West-Suck est une région montagneuse dont le sommet culminant, le Sekerr, atteint 3600^{m} d'altitude. C'est une masse essentiellement cristallophyllienne, fortement plissée en direction N-S, et qui est formée d'une série d'arêtes escarpées, parallèles à la direction des plis et séparées par d'étroites et profondes vallées. La partie sud de cette région a fait l'objet, en 1926, d'une étude lithologique de MM. Glenday et Parkinson.

Au nord, les dernières digitations du West-Suck s'abaissent brusquement sur la plaine du Turkana dont l'altitude est comprise entre 600 et 700^{m}. C'est une vaste pénéplaine à substratum cristallophyllien recouvert en transgression par une épaisse série détritique de poudingues et d'arkoses d'âge encore indéterminé; cette plaine s'étend au Nord sur plus de 250^{km} et se poursuit par les régions basses du Soudan anglo-égyptien. Un certain nombre de chaînons montagneux, grossièrement parallèles entre eux et de direction générale N-S, émergent au-dessus de cette plaine. Ils sont formés de roches volcaniques et sont les restes de centres éruptifs anciens, profondément démantelés, dont les soubassements peuvent s'observer en certains points. Les principaux de ces chaînons sont : les monts Lubur qui bordent à l'ouest le fossé du lac Rodolphe, les monts Murueris et les monts Lokwanamur. Des dépots fluviolacustres et éluviens remplissent les dépressions entre les divers chaînons.

Tout ce pays est désertique; les points d'eau sont rares et parfois distants entre eux de plus de 100^{km}; la végétation très clairsemée et steppique : c'est une brousse à Acacias et Euphorbiacées cactiformes.

Au point de vue administratif, le Turkana est une région « close », occupée militairement depuis peu d'années seulement par les forces britanniques; sa frontière Nord est sujette à des troubles fréquents, dus aux incursions des tribus guerrières qui habitent les régions situées au nord du lac Rodolphe.

Après la traversée des monts Lubur, où se trouve le poste militaire britannique de Lokitaung, la Mission atteignit la plaine du Rodolphe et put pénétrer en Abyssinie. Remontant la vallée de l'Omo par sa rive droite, elle rencontra le 30 janvier 1933, à Bourillé, à 60^{km} au nord de la frontière anglo-éthiopienne, les premiers affleurements d'une importante série sédimentaire fluviolacustre, contenant à profusion des ossements de Vertébrés. Ces affleurements se poursuivent, suivant une topographie compliquée et d'un parcours extrêmement difficile, sur une cinquantaine de kilomètres au moins dans le nord et sur une vingtaine à l'ouest de l'Omo. Leur étude détaillée a permis d'en fixer la stratigraphie et d'y recueillir de très abondantes collections paléontologiques. L'un des premiers résultats acquis est la confirmation de la coexistence certaine *dans les mêmes niveaux* et sans remaniement possible, d'un *Dinotherium* et d'un Éléphant du groupe *antiquus*.

En outre la géologie du Turkana a fait l'objet d'une étude d'ensemble et ses grands traits ont été fixés par des levers au 500000e et, pour certaines parties, au 250000e.

Au point de vue géographique, la topographie des confins nord du Rodolphe et de la basse vallée de l'Omo a pu être précisée, ce qui a permis de constater le recul continu du lac d'une cinquantaine de kilomètres vers le sud au cours des trente dernières années.

Entre temps, l'accès de la vallée de l'Omó ayant nécessité une série de reconnaissances préalables et d'assez longs délais, ceux-ci furent utilisés à l'exploration zoologique et botanique du mont Elgon, du Marakwet et du Kinangop. Le principal résultat de ces explorations a été la découverte, dans la faune alpine du mont Elgon, d'une quantité d'éléments d'origine paléarctique qui manquent sur les autres hautes montagnes de l'Afrique Orientale. Ce fait pose un intéressant problème biogéographique, car il indique que des lignées européennes ont pu se répandre à une date relativement récente jusque sous l'Équateur, à travers le Massif Abyssin.

GÉOLOGIE. — *Observations sur la Stratigraphie de l'Ouest africain (Mauritanie et Soudan)*. Note de M. **Raymond Furon**, présentée par M. L. Cayeux.

a. Carbonifère de Mauritanie. — En 1911, René Chudeau ([1]) a signalé dans le bassin de l'oued El Abid (Mauritanie occidentale) un banc de calcaire carbonifère, contenant quelques fossiles : *Poteriocrinus*, *Fenestella*, *Spirifer* du groupe *striatus*, *Chonetes* sp. et *Orthothetes* sp. Dans la même région, M. J. Malavoy a recueilli *Spirifer Verneuili*, affirmant ainsi la présence du Dévonien supérieur ([2]). Les fossiles recueillis par Chudeau n'ayant pas une grande valeur stratigraphique, l'existence même du Carbonifère fut mise en doute, au moins en ce qui concerne le bassin de l'oued El Abid.

Reprenant l'étude de nombreux matériaux provenant de l'Ouest africain, j'ai brisé un des blocs de calcaire à *Orthothetes* de la collection Chudeau et j'y ai trouvé des *Productus* et un pygidium de *Phillipsia*. L'étude en plaques minces révèle de nombreux éléments : des *Endothyra* (forme souche des Fusulinidés), tantôt très petites, tantôt relativement grandes et atteignant près de 2^{mm}; des piquants et des plaques de Paléchinides; des Calcisphères de tailles diverses; des fragments de tests de Brachiopodes et de petits Foraminifères.

Le faciès, l'association et l'abondance des éléments permettent de conclure à l'existence en Mauritanie d'un Dinantien tout à fait comparable à celui de France et de Belgique. Une telle similitude de faciès a déjà été observée par M. N. Menchikoff dans des régions plus septentrionales.

b. Série schisto-calcaire du Soudan. — J'ai signalé en 1929, l'existence au Soudan d'une série schisto-calcaire comprenant à la base un conglomérat, puis des grès grossiers, des bancs dolomitiques, des schistes, des phtanites et des jaspes. Cette série repose presque toujours sur le Précambrien redressé et quelquefois sur des grès quartzites. J'ai rapproché cette série du Gothlandien et du Dévonien des régions voisines eu égard à la présence de grès inférieurs. De nouvelles études pétrographiques et tectoniques m'amènent à modifier cette interprétation. Les quartzites inférieurs de la localité-

([1]) *Bull. Soc. géol. Fr.*, 4e série, 11, 1911, p. 413.

([2]) J. Malavoy, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 184.

type de Faréna (Soudan) sont recouverts en discordance par le conglomérat et la série schisto-calcaire.

Il faut ranger ces quartzites dans le Précambrien. Je considère donc le conglomérat et la série schisto-calcaire comme constituant la *base* de la série des grès horizontaux siluriens et l'équivalent des dolomies de base des régions voisines. Je signale, dès maintenant, la grande analogie de faciès et de constitution du conglomérat du Soudan et du conglomérat de la N' Gounié (Gabon), lequel constitue le soubassement de la série dolomitique du Kundelungou inférieur.

Conclusions. — *a.* Les calcaires supérieurs de l'Adrar mauritanien sont d'âge dinantien. Ils sont caractérisés par l'association de *Phillipsia*, d'*Endothyra* et de fragments de Paléchinides, en grand nombre.

b. Les falaises de l'Adrar montrent une série assez complète : dolomies à *Collenia* (Chudeau, Hubert et Menchikoff), des grès siluro-dévoniens, des calcaires représentant le Dévonien supérieur et le Dinantien.

c. La série schisto-calcaire du Soudan constitue la base de la série des « Grès horizontaux » siluro-dévoniens.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge des vieux poudingues de la Durance et de la Crau.* Note de M. **G. Denizot**, présentée par M. L. Cayeux.

La vallée de la Durance présente, en dessous de Sisteron, de gros amas de galets, souvent impressionnés, composés essentiellement de calcaires empruntés à l'ensemble du bassin; ces formations étaient données pour du Pliocène, alors que ce terme n'avait pas de sens précis. Desor, puis Kilian ([1]) les relièrent au Miocène, par l'intermédiaire de l'horizon à Mammifères pontiens décrit par Gaudry : on admit dès lors l'âge miocène supérieur, et cette attribution figure sur la Carte géologique détaillée de la France.

Autour de Pertuis, l'examen des lieux, représentés par les contours de Depéret sur la Feuille de Forcalquier, montre une complète discordance. A Villelaure, le poudingue repose, avec une apparence ravinante, sur 80^{m} de calcaire lacustre avec limons pontiens. Au nord-est, tranchant tout ce lacustre, il vient reposer sur la Marne de Cabrières, puis la Molasse de Cucuron (Tortonien), enfin autour de Martialis sur l'Helvétien en

([1]) W. Kilian, *Montagne de Lure*, 1889. Voir p. 325.

complète discordance. Ce lieu correspond au passage d'un petit anticlinal (¹), qui est rasé par l'assise caillouteuse. Celle-ci se transforme d'ailleurs au delà en conglomérat à éléments locaux, dont Gaudry avait admis la discordance sur le limon pontien.

A Valensole et aux Mées, la composition est la même qu'à Villelaure. Les couches superposées au Miocène marin sont très épaisses, elles font 4 et 500^{m} et comprennent en réalité deux assises distinctes. La première montre des calcaires lacustres et limons argileux comme à Cucuron, avec les mêmes Mammifères à Gréoulx. Par-dessus, et la limite est tranchée en cette localité, se développent les poudingues coupés encore de limons. Postérieurs au Pontien caractérisé, ces poudingues auraient pu être présumés pliocènes.

Deux anciennes découvertes paléontologiques confirment cette présomption. On a signalé à Moustier-Sainte-Marie un Mammifère pliocène, *Mastodon Borsoni*. Et en pleine extension de poudingue, à Mauroue près Puymoisson, on a recueilli *Elephas meridionalis*, forme archaïque du Pliocène récent (²). Ces trouvailles, qui ont surpris, sont au contraire à leur place.

On a donné, comme argument pour le rattachement intégral au Miocène supérieur, le redressement contre les chaînons secondaires de Moustier-Sainte-Marie. Mais ce redressement n'affecte pas le poudingue; il intéresse l'assise inférieure limoneuse, coupée de ce côté par des bancs de conglomérats formés de roches locales et peu roulées.

Les poudingues sont peut-être en certains points continus, mais plus souvent discordants sur le véritable Miocène supérieur; ils sont consécutifs aux derniers mouvements alpins qui ont affecté tout le Miocène : ils doivent être attribués au Pliocène. Ainsi s'établit, pour tout le sud-est de la France, la prédominance du remblaiement caillouteux au Pliocène récent. Nulle part ailleurs, on n'y connaissait rien de comparable à la fin du Miocène, et la différence d'âge admise entre le principal remblaiement de la Durance et ceux du reste du bassin du Rhône était difficile à concevoir.

Le même poudingue se prolonge à gauche de la vallée, sur la bordure de la Crau devant les Alpilles. De Lamanon à Arles, on suit une surface cou-

---

(¹) J. Savornin, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 4e série, 3, 1903, p. 40. Les dessins donnés par l'auteur établissent, à son insu, l'indépendance des deux parties de Pontien; J. Goguel, *Bull. Carte géol. Fr.*, n° 186, 1932, p. 1.

(²) C. Depéret et L. Mayet, *Ann. Univ. Lyon*, fasc. 42, 1923, p. 147.

verte de quartzites rhodaniens, qui plonge sous la Crau de Miramas à variolites, de formation bien plus jeune. Sous ces quartzites, on distingue le poudingue de calcaires, parfois impressionnés, conforme aux précédents avec mêmes intercalations sableuses et argileuses. Fontannes [1] a montré la superposition de cet ensemble au Pliocène marin à l'ouest d'Eyguières.

Par endroits, ce poudingue repose sur un banc argileux rougeâtre avec places vaguement travertineuses, par exemple à Mouriès; banc que l'on peut comparer à la couche pontienne. Mais à Barbégal, l'argile est au-dessus du poudingue; devant Arles elle est interstratifiée. Argile et poudingue sont inséparables, et l'observation de Fontannes les met tous deux au-dessus du Pliocène marin, et non avant.

Ils reparaissent en pleine Crau, au bord de l'Étang d'Entressen où l'argile subhorizontale est sous les vieux poudingues : elle est complètement discordante avec la Molasse marine, dont les bancs ressortent en contre-haut vers le Luquier, inclinés jusqu'à 30° au Nord-Ouest. Or partout dans la région étudiée ici, comme l'ont affirmé Desor, Gaudry, Kilian, Collot et bien d'autres, le Miocène supérieur lacustre est concordant et continu sur le Miocène moyen marin; alors même que certains termes, comme le Tortonien à l'est de Saint-Cannat, n'auraient pu être caractérisés. On a bien cité une discordance vers Lambesc [2] : maisil s'agit, à la Chapusse, d'apparences dues à la terminaison périclinale de l'accident des Birons, et à la stratification entre-croisée du terme marin. Partout en réalité, les deux parties du Miocène local sont absolument solidaires, affectées des mêmes déformations.

Les grands transports antéquaternaires de la Durance doivent donc être attribués au Pliocène, en discordance générale sur les faciès continentaux terminant le Miocène. Ces transports se sont répandus, par-dessus le Pliocène marin, sur l'emplacement de la Crau.

---

(1) *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e série, **12**, 1884, p. 403. J. Repelin a retrouvé ce Pliocène en pleine Crau (*Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 236; et *Bull. Soc. géol. Fr.*, 4e série, **30**, 1930, p. 971).

(2) J. Combaluzier, *Bull. Carte géol. Fr.*, n° **182**, 1932, p. 52 et 67.

GÉOLOGIE. — *Le Portlandien du Cap Leslie dans le Scoresby Sund (Groenland).* Note de MM. **Maurice Parat** et **Pierre Drach**, présentée par M. Ch. Jacob.

Au cours de la dernière croisière du Commandant Charcot au Groenland (juillet-août 1932), le « Pourquoi-Pas ? » s'est rendu dans le fond du Scoresby Sund, sur la côte Sud-Est du Milne Land. Le Professeur Lauge Koch nous avait indiqué là, vers le Cap Leslie, une formation jurassique, découverte et brièvement décrite par A. Rosenkrantz [1] et attribuée au Portlandien. Des fossiles de cet étage ont déja été recueillis au Groenland, sur la terre de Jameson, dans l'île Kuhn et dans l'Antarctic Harbour [2]; mais la région du Cap Leslie paraît privilégiée en ce qui concerne leur abondance et leur état de conservation. Nos observations préliminaires sur une falaise d'environ 225^m de haut y reconnaissent les niveaux suivants, sensiblement horizontaux et reposant, à 70^m au-dessus du niveau de la mer, sur une assise argileuse renfermant des *Perisphinctes* et des Bivalves encore indéterminés :

E (de 225^m à 150^m d'altitude). — Grès micacé ou conglomérats coquilliers, rougeâtres et ferrugineux au sommet, gris verdâtre, glauconieux à la base, avec *Perisphinctes bononiensis* Lor. (= *Leucopetrites leucus* Buckm.), *Cylindroteuthis mosquensis* Pavl., *Cyl. russiensis* d'Orb., *Aucella mosquensis* Keys., *Pleuromya* sp., *Mytilus* sp., *Ostrea* sp., *Trigonia gibbosa* Sow., *Astarte Sœmanni* Lor., nombreuses Lingules et bois fossile.

D (de 150 à 130^m). — Grès calcareux, micacé, très glauconieux et ferrugineux, avec *Hoplites rjasanensis* Nik. et *subrjasanensis* Nik., *Aucella trigonoides* Lahusen, *Cylindroteuthis* (*Pachyteuthis*) *explanatoides* Pavl. et nombreuses Lingules.

C (de 130 à 100^m). — 3. Calcaires micacés et légèrement glauconieux avec *Perisphinctes Pallasianus* d'Orb. (= *Holcosphinctes pallasioides* Neaverson), *Aucella trigonoides* Lahusen, *Lingula* sp.

2. Argiles et calcaires micacés avec *Perisphinctes* (*Pallasiceras*) *rotundus* Sow., *Per.* (*Lydistratites*) *gibbosus* Buckm., *Per.* aff. *triplex* W. H. Smyth (cf. *Lydistratites biformis* Buckm. stade virgaté, DCV de Buckm.), *Ostraea expansa* Sow., *Perna* aff. *Bourchardi* Opp., *Pinna Constantini* Lor., *Cylindroteuthis magnificus* d'Orb., *Cyl.* (*Aulacoteuthis*) *absolutus* Fisch. non d'Orb.

1. Argiles et calcaires micacés plus ou moins phosphatés, à nodules fossilifères, avec

---

(1) A. Rosenkrantz, *Meddelelser om Grönland*, 73, 1929, p. 147.

(2) Lauge Koch, *Meddelelser om Grönland*, 73, 1929, p. 1-201.

Perisphinctes (*Wheatleyites*) *Pringlei* Pruvost, *Ostraea expansa* Sow., *Perna* sp., *Pholadomya Protei* Defr.

B (de 100 à 90^m). — 2. Grès rougeâtres et argiles micacées, avec *Perisphinctes* aff. *pectinatus* Phill., *Per. Panderi* d'Orb., *Per.* (*Lydistratites*) *lyditicus* Buckm.

1. Grès bleuâtres, feuilletés, micacés, avec *Perisphinctes Bleicheri* Lor., *Per.* aff. *pectinatus* Phill., *Terebratula* aff. *insignis* Schübler, *Waldheimia* cf. *bononiensis* Sauvage.

A (de 90 à 70^m). — Argiles rouges micacées, ferrugineuses, avec *Perisphinctes* (*Virgatosphinctoides*) *Wheatleyensis* Neaverson, *Per.* (*Allovirgatites*) *Woodwardi* Neaverson.

La succession de ces niveaux rappelle la partie supérieure du Kimmeridge Clay dans les comtés de York, d'Oxford et de Buckingham, et celle que les Français ont dénommée Portlandien dans le Boulonnais. Elle ne correspond pas, il est vrai, en ce qui concerne la Grande-Bretagne, à la classification de Salfeld (1); mais elle se rapproche nettement de celle plus récente de Neaverson (2); on trouve également de nombreuses ressemblances avec la coupe de Pruvost (3) dans le Boulonnais. C'est ainsi que le niveau A du cap Leslie rappelle la Wheatleyensis-Zone de Neaverson et supporte, comme cette dernière, une Pectinatus-Zone, correspondant elle-même à notre zone B_1. Notre zone C_1 coïncide avec le niveau phosphaté de la Rochette (Boulonnais). Nos couches C_2 et C_3 ont une affinité remarquable avec la Rotundum-Zone et la Pallasioides-Zone britanniques, tandis que leur faune de Lamellibranches est identique à celle des couches 5 et 6 (Pruvost) du Boulonnais. Enfin, la zone E du cap Leslie paraît très proche des couches 7, 8 et 9 du Boulonnais.

Notre zone A représente donc le Portlandien inférieur; les zones B et C, le Portlandien moyen et les zones D et E, la base du Portlandien supérieur.

L'un des caractères les plus remarquables de la série du cap Leslie est le mélange d'une faune bien connue en Europe occidentale avec des éléments typiques du faciès volgien russe, tels que *Aucella* (C_3, D et E), *Cylindroteuthis* (C_2, D et E) et *Perisphinctes Panderi* (B_2), ainsi que des repré-

(1) Salfeld, *Quart. Journ. of Geol. Soc.*, 69, 1913, p. 423-432; et *Neues Jahrb.*, 37, Beilage Bd, 1914, p. 125-246.

(2) Neaverson, *Papers from the Geol. Dept of the University Liverpool*, 1925, p. 1 à 52.

(3) Pruvost, *Ann. de la Soc. géol. du N.*, 49, 1925, p. 187-215.

sentants (D) de l'horizon russe de Rjasan. Ce mélange de faunes plaide en faveur des idées de Pavlow, Lamplugh et E. Haug sur l'origine boréale et la parenté des faunes russes, britanniques et boulonnaises, que tendent à abandonner les auteurs anglais plus récents. Par contre, l'absence au Groenland des *Virgatites* si communs en Russie, absence déjà notée par Rosenkrantz, paraît s'expliquer à la lumière des idées de Michalski et de H. Douvillé sur l'origine méridionale et non boréale de ces Ammonites.

GÉOLOGIE. — *Sur le Djebel Sagho (Maroc saharien).*
Note de MM. **L. Clariond** et **H. Termier**, présentée par M. Ch. Jacob.

Le massif du Sagho (Sagho et Dj. Ougnat) est limité au Nord par la vallée du Dadès et du Todra, à l'Est par le Tafilalet, au Sud par les plaines de Tazzarine et de Necissi; il se prolonge, au delà de la vallée du Draa, par l'Anti-Atlas. Les explorations de l'un de nous (L. C.), complétées par l'étude des matériaux recueillis (H. T.), permettent de préciser quelques-uns des caractères de cette importante unité géographique.

Stratigraphie. — *Précambrien.* — Nous y rapportons des schistes noirs, sans trace de métamorphisme, associés à des roches microgrenues (Sud du Ioghane), à des granites bleus à biotite (entre le Ioghane et le Dj. Ifratène et région axiale du Sagho), à des granites calco-alcalins à amphibole (Oulousir), enfin à des quartzites enclavés dans le granite.

Cambrien inférieur. — Cette série, discordante sur la précédente à Ouine-Oufrouk, comprend : *a*, une barre horizontale de conglomérats atteignant 50^m d'épaisseur; *b*, une importante coulée de rhyolite; *c*, des grès blancs ou roses avec lits de conglomérats vers la base; *d*, un horizon de schistes verts (25 à 30^m) à minces lentilles calcaires, riche en Lingules et Trilobites du groupe *Strenuella-Micmacca*, ce qui rend fort probable l'âge géorgien de l'ensemble [1]. Les termes *a*, *b* et *c* ont une épaisseur très variable, les deux premiers pouvant disparaître : au Sud de Tizi Izzem, les grès *c* ont 200^m de puissance et reposent sur le Précambrieu; à l'Ouest apparaissent successivement les rhyolites *b* et les conglomérats *a*.

Dans le Sagho, les rhyolites *b* constituent la ligne de crête de l'Amalou Mansour; elles reposent directement sur les granites, ou bien sont séparées des schistes précambriens par les conglomérats *a* (Aqqa N'Oullili).

Les falaises de rhyolites et de grès sont orientées Est-Ouest entre l'Amalou Mansour et l'Aqqa Tazelaft, puis obliquent vers le Nord, dominant une vaste cuvette, dite

---

[1] Cet étage a été découvert avant nous par notre collègue, M. Bondon, dans l'Anti-Atlas.

de l'Imsadène, ou encore Massif des aiguilles en raison de sa topographie très tourmentée. Les roches volcaniques cambriennes et les roches grenues du substratum sont découpées en de multiples arêtes dentelées ou en aiguilles aux flancs lisses et abrupts. Le Bou Gafer et le Dj. Oulousir en sont les massifs les plus typiques. Une coupe au Nord-Est de la cuvette de l'Imsadène sur le parallèle du Tizi Boujou traverse les trois termes principaux du Cambrien de l'Ougnat *b*, *c* (ici épais de 3 à 400^{m}) et *d* (au col même).

Cambro-silurien. — Des grès blancs avec quelques intercalations de schistes ou de grès verts apparaissent au-dessus des schistes « géorgiens »; leur épaisseur peut être évaluée à 1500^{m} sur le méridien de Khellil. Dans cette série nous n'avons rencontré que trois horizons fossilifères : *e*, des grès ferrugineux micacés à *Discina*, *Obolus* (?), *Spirifer*, *Orthis*, Gastéropodes, Bryozoaires, Polypiers (?) et encrines, qu'au Sud de Tindjdad, il faut situer à 500^{m} des grès géorgiens; *f*, des grès calcareux à Lamellibranches de grande taille; *g*, des grès verts à lentilles calcaires renfermant *Orthis*, Gastéropodes, Polypiers, encrines (butte de Tinjad). Le Gothlandien certain (*h*) forme une bande étroite suivie par le cours de l'O. Todra. Il comprend des schistes ampéliteux à *Monograptus*, renfermant des nodules de calcaire noir à *Orthoceras* et *Ceratiocaris* (?), puis des schistes à nodules gréseux à *Monograptus* cf. *priodon* Bronn. et *Orthoceras* (Khellil). Les horizons *e* et *f* sont certainement siluriens; le Cambrien moyen et supérieur, s'il existe, ne peut donc avoir plus de 500^{m} de puissance.

Dévonien. — A Tindjdad, un niveau très épais de calcaires compacts bleutés (*i*) nous a fourni à la base : *Anarcestes* gr. de *subnautilinus* Sch., *A.* gr. de *lateseptatus* Beyr., *A.* aff. *neglectus* Barr., *Nautilus*, *Orthoceras*, *Phacops*, *Panenca*, association caractéristique de l'*Eifélien* au Maroc. Entre ces calcaires (rive gauche) et les grès de la série précédente (rive droite) coule le Ferkla, mais, dans le lit de l'oued, il n'y a place que pour le Gothlandien et l'absence du Dévonien inférieur paraît certaine.

Les affleurements de Givétien (*j*) sont à chercher, car des blocs à Polypiers de cet étage existent, à peine roulés, dans les conglomérats dinantiens du Khellil.

Carbonifère. — Le Viséen (*k*) n'a été reconnu qu'à Khellil, où il est représenté par des poudingues, des quartzites, des schistes verts ou rougeâtres et des calcaires gris à patine noire qui nous ont fourni : *Productus* cf. *semireticulatus* Martin, *Spirifer bisulcatus* Sow., *Orthotetes crenistria* Phil., *Athyris*, *Euomphalus*, Lamellibranches divers, encrines. Cet étage repose là directement sur les schistes gothlandiens ou sur les calcaires dévoniens réduits à une pellicule. Plus au Nord, le Dj. Tisdafine est constitué par des grès, des schistes et quelques intercalations calcaires ayant même pendage que le Viséen. Il s'agit probablement de termes supérieurs à l'horizon fossilifère *k*. Dès lors le Houiller peut exister entre Khellil et Ifer.

Crétacé moyen. — Le Cénomanien à *Exogyra flabellata*, horizontal et discordant sur le Primaire, s'avance jusqu'à la ligne Goulmina-Tinghir.

Tectonique. — Le Sagho et l'Ougnat font partie d'un même anticlinal Est-Ouest, ayant affecté tout le Paléozoïque, du Cambrien inférieur au Viséen. L'érosion y a découpé deux massifs précambriens, entre lesquels a subsisté un lambeau de grès « géorgiens » qui montre l'allure très calme du plissement : en effet, au Nord et au Sud du massif, les pendages n'excèdent pas 20° et, dans la partie axiale, les couches primaires sont horizontales sur près de 10^{km}.

Conclusions. — Nos observations indiquent en définitive : 1° une série monotone allant du Géorgien probable au Gothlandien; 2° une lacune à la base du Dévonien; 3° la transgression du Viséen sur le massif ancien; 4° l'âge hercynien des mouvements, puisque le Carbonifère est plissé et que le Cénomanien de bordure est resté sensiblement horizontal. *Ainsi se trouve précisé l'âge de la grande chaîne du Sud marocain (Sagho-Anti-Atlas).*

HYDROLOGIE. — *Les hauteurs de crue de la Seine au pont d'Austerlitz.* Note de M. V. **Frolow**, présentée par M. d'Ocagne.

La suite des cotes maxima annuelles de la Seine au Pont d'Austerlitz fut soumise aux calculs suivant la méthode de M. H. Labrouste (1). Cette étude permet d'établir les points ci-dessous :

1° L'existence de la période undécennale et de son harmonique de $5^a,5$ environ se dégage avec netteté. La composante de 11^a a un retard de $4^a,5$ environ sur la composante correspondante des taches solaires donnée par M. et Mme H. Labrouste (2). La composante de $5^a,5$ a, par rapport aux taches solaires, une différence de phase variable. Elle fut en phase entre 1912 et 1920.

2° Une variation correspondant à la période de 22 à 23 ans, indiquée par M. et Mme H. Labrouste pour les taches solaires et que nous avons constaté pour le Nil (3), semble exister aussi pour la Seine.

3° L'amplitude des composantes de 11^a et de $5^a,5$ est, pour la Seine, variable. Pendant l'intervalle de temps considéré elle a atteint respectivement 22,6 pour 100 et 23,8 pour 100 de l'amplitude des plus hautes eaux annuelles. La composante de 22^a paraît avoir une amplitude comparable.

4° Par soustraction des composantes de 22^a, 11^a et $5^a,5$ du graphique des cotes maxima observées, est obtenu un graphique résiduel, qui met en évidence la résultante des périodes plus courtes que $5^a,5$. Cette dernière indique la probabilité de l'existence d'une période de 3 à 4 ans. Il apparaît aussi que l'amplitude de la résultante des périodes courtes atteint $4^m,75$. Les effets de ces variations sont donc très sensibles. Comme la crue

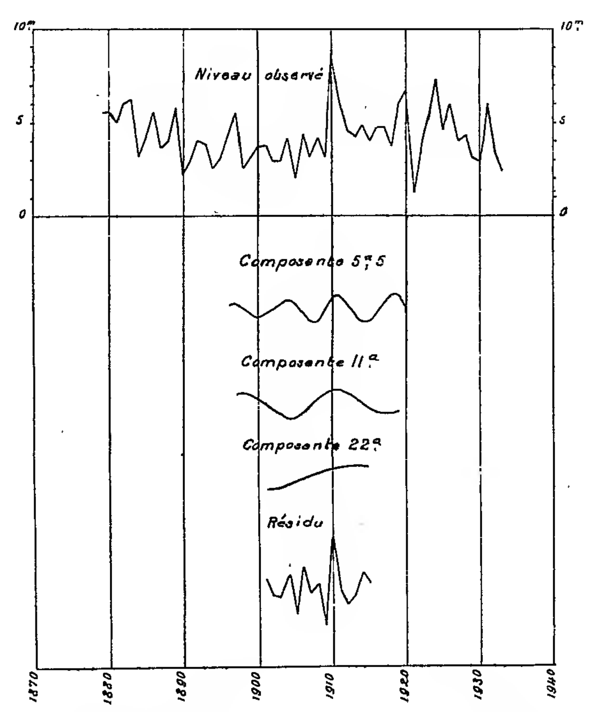
(1) *Ann. Inst. Physique du Globe Univ. Paris*, 7, 1929, p. 190, et 9, 1931, p. 99.

(2) *Communication au 66e Congrès des Sociétés savantes*. Toulouse, avril 1933.

(3) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 671.

minimum pendant le temps considéré a coté 2^m, les variations de courte période peuvent déterminer de fortes crues s'élevant à $6^m,75$ au pont d'Austerlitz. Cette cote doit être considérée comme limite des crues fréquentes. On voit aussi que l'arrivée des crues extraordinaires ou désastreuses demande le concours d'autres circonstances.

5° L'amplitude de la résultante des variations lentes est importante. Le



Niveau maximum annuel de la Seine au pont d'Austerlitz.

graphique des cotes observées indique que son amplitude intéresse pour le moins 1^m de l'échelle.

6° La crue désastreuse de 1910 s'est produite au moment où les maxima des composantes de 11^a et de $5^a,5$ ont coïncidé avec celui des courtes périodes. La composante de 22^a fut à ce moment aux environs du maximum et la résultante des composantes de longues périodes atteignait ses valeurs moyennes. En 1924, la Seine a eu une crue dépassant la cote limite des crues fortes et fréquentes. A ce moment un maximum des courtes périodes coïncidait avec des valeurs proches du maximum des composantes de 11^a et de $5^a,5$, ainsi que de la résultante des longues périodes. La composante

de 22ª était par contre à son minimum, ce qui différencie la crue 1924 de la crue 1910 et doit être rapprochée de la cote plus faible en 1924.

7° La reproduction approximative des circonstances de 1910 est probable aux environs de 1962 seulement. Il y a aussi aux environs de 1939 une certaine probabilité d'une forte crue, mais, d'autre part, un minimum triennal des courtes périodes est probable la même année.

8° Une extrapolation des graphiques donne une vérification *a posteriori* de l'importance des coïncidences des valeurs fortes des composantes simples. En effet, les fortes crues de la deuxième moitié du siècle dernier se produisirent lors de ces coïncidences.

9° Il semble, en résumé, que le phénomène des plus fortes cotes annuelles de la Seine, à Paris, peut se concevoir comme résultat d'interférence de plusieurs composantes périodiques. On peut aussi désigner une limite inférieure des crues exceptionnelles et les distinguer des crues fréquentes comme étant dues à la coïncidence des valeurs fortes de plusieurs composantes, dont obligatoirement un maximum de composantes rapides.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur l'origine des amas d'huîtres des Chauds à Saint-Michel-en-l'Herm (Vendée).* Note (¹) de M. **Étienne Patte**, présentée par M. H. Douvillé.

Curiosité signalée, dès 1562, par La Popellinière, les buttes d'huîtres de Saint-Michel-en-l'Herm, artificielles pour les uns, naturelles pour d'autres, ont été l'objet de controverses (²); naturalistes ont été aussi divisés qu'archéologues. De Quatrefages a signalé dans la masse des huîtres, un anneau

(¹) Séance du 12 juin 1933.

(²) D'Orbigny, *Cours élém. Paléontologie et Géologie*, 2, 1851, p. 831-832; Mairand, *Congr. scient. France*, 1856; Aucapitaine et Fischer, *Journ. conchyliologie*, 11, 1863, p. 389-393; Delesse, *Lithologie du fond des mers;* de Caumont, *Bull. Soc. sciences et arts Sarthe*, 2ᵉ série, 10, 1865-1866, p. 156; Boutillier, *Bull. Soc. amis Sciences natur. Rouen*, 1875 (extrait); Deslongchamps, *Ann. Soc. linn. Normandie*, 3ᵉ série, 10, 1886; A. de Lapparent, *Traité Géologie*, 1906, p. 581; Begouen, *L'Anthropologie*, 43, 1913, p. 208; *La Nature*, 41, 14 mai 1913, p. 356; Welsch, *Bull. Serv. Carte géol. France*, 137, 1919, p. 56-57; Dubois, *Recherches sur les terrains quaternaires du nord de la France*, Thèse-Lille, 1924; Begouen, *Rev. anthrop.*, 34, 1924, p. 360; Gambier et Robuchon, *Rev. du Bas-Poitou*, 42, 1929. Pour la bibliographie, voir *Bull. Soc. Scienc. natur. Ouest*, 9, 1909, p. 23; Baudouin, *Soc. préhist. franç.*, 13, 1916, p. 620.

et des monnaies; ces arguments eurent peu de poids en leur temps. Begouen (1924), Gambier (1929) ont vu de la poterie vernissée, des clefs et couteaux de fer, des monnaies du XIII[e] siècle, mais la situation n'en est pas précisée ou discutable. Après Baudouin et Bégouen, j'ai constaté, sur des coquilles, des traces d'intervention humaine : l'intérieur de la valve gauche montre une blessure allongée, étroite, correspondant à l'introduction d'une pointe très inclinée. Les preuves géologiques sont aussi formelles.

Dans les coupes, la masse paraît stratifiée; mais les kjökkenmöddings (Danemark, Annam...) offrent cet aspect; il n'y a pas eu sédimentation, il y a des lacunes entre les coquilles et peu de matière meuble dans ces interstices; de plus, dans la masse, de vrais *sols* sont formés de coquilles pulvérisées; hors d'eux, il est difficile de prélever des échantillons de matière meuble. Les huîtres sont en tous sens, sur la valve gauche, sur la droite, de champ. Il n'y a pas de bancs d'huîtres soudées entre elles. Sur les rares blocs de pierre, il n'y a pas d'huîtres fixées comme cela serait, si elles avaient vécu ici. Bien qu'il y en ait d'isolées ou d'un peu baillantes, les deux valves sont le plus souvent jointives. Dans ce cas, l'intérieur vide ne renferme soit qu'une pellicule de vase, soit des Balanes, des Bryozoaires ou de jeunes Huîtres; si les coquilles étaient en place, ceci serait général. Les valves jointes s'observent en masse dans les vrais kjökkenmöddings, comme en Annam (Da But, Tam Toa). Cette disposition est compatible avec l'origine artificielle des buttes.

Les *Ostraea edulis*, à eux seuls, forment la masse; j'ai trouvé de rares *Mytilus edulis*, *Modiola barbata* et *Cardium edule*. avec valves le plus souvent jointes : *Chlamys varia*, *Anomia ephippium*, *Nassa reticulata*, *Murex erinaceus*. On a cité : *Modiola albicosta*, *Scrobicularia compressa*, *Mactra subtruncata*, *Natica catena*, *Buccinum undatum*, *Littorina littorea*, *Calliostoma conoïdes*. Bien que plusieurs espèces vivent plutôt dans le sable, cette réunion serait biologiquement possible : *Modiola barbata*, fouisseur surtout, peut se fixer sur les grosses coquilles; *Anomia ephippium* et *Murex erinaceus* causent des dégâts dans les bancs d'huîtres. Mais le pourcentage infime de ces formes n'est pas naturel.

Très typique est le cas du *Cardium edule* toujours si abondant là où il vit; il n'était pas signalé et je n'en ai vu que deux cas. L'un fournit, de plus, un *argument décisif;* trouvé dans une couche d'huîtres sans sédiment meuble, il en est complètement rempli. Ce serait inexplicable dans un dépôt naturel. Ce *Cardium* n'a pu qu'être ramassé ainsi et amené avec les huîtres. Dans la matière meuble, après dessiccation, les prismes de calcite des coquilles dissociées masquent presque tout; il faut décalcifier; voici le résultat :

I (prélevé dans une masse d'huîtres), vrai feutrage de spicules de Monactinellidés (*Halichondria?*, ni *Spongilla*, ni *Clionia*), quartz en esquilles limpides ou en poussières informes de moins de $0^{mm},43$; granules opaques de minéraux de moins de $1/4\mu$ agrégés; un peu de muscovite, des Diatomées marines : *Actinoptychus splendens*, *A. undulatus*, *A. vulgaris*, *Coscinodiscus Kützingii*, *C. oculus viridis*, *Grammatophora serpentina*, *Rhabdonema arcuatum*, *Triceratium arcticum*; un Radiolaire (*Cyrtidae*). — II (dans une masse d'huîtres), quartz en esquilles limpides et en poussières de 0 à $0^{mm},3$, granules de minéraux agrégés; zircon; rares spicules (Monactinellidés différents : tylostyle de *Cliona celata*), rares *Actinoptychus*, etc., Radiolaire. — III (dans une masse d'huîtres), quartz en esquilles et en poussières de 0 à $0^{mm},7$; beaucoup de muscovite, granules de minéraux agrégés; Diatomées : *Actinoptychus undulatus*, *A. vulgaris*, *Aulacodiscus sculptus*, *Cerataulus Smithii*, *Coscinodiscus oculus viridis*, *Cyclotella sp.* — IV (sol de coquilles pulvérisées), quartz souvent à rutile, en poussière ou translucide en esquilles, à part de très rares grains; granules de minéraux agrégés de 0 à $0^{mm},5$; muscovite, etc.; rares spicules simples ou à plusieurs branches. — I et III ont donné encore des *Achnantes*, *Actinocyclus*, *Auliscus*, *Biddulphia*, *Melosira*, *Navicula*. Ce sont donc des sables fins, vaseux, d'origine marine, mais sans aucun calibrage et paraissant remaniés. C'est un mélange de sables marins calibrés, dû au lessivage des huîtres. Comme comparaison : un sable à grains de même faciès (côte de Noirmoutier à mer basse) diffère par le calibrage ($0^{mm},07$ à $0^{mm},46$); par contre, le lessivage d'huîtres actuelles m'a donné un produit formé de grains de même taille et aussi peu calibrés (0 à $0^{mm},48$) qu'aux Chauds; celui-ci contient des formes communes : *Navicula sp.*, *Surirella sp.*, *Coscinodiscus oculus viridis*, mais il diffère par son origine (Marennes), à d'autres points de vue (plus grande abondance de quartz arrondis et dépolis, et de poussières).

La forme des buttes rappelle les tells archéologiques d'Orient, non les reliefs naturels; ceci est confirmé par l'allure de la couche (échantillon III) qui, dans l'ensemble, horizontale, s'inclinait de 10° près du bord. Quel est l'âge de ces monuments? Leur fond est au-dessus du niveau marin et du bri flandrien (âges du Cuivre et du Bronze); de Quatrefages a signalé des monnaies de Charles Martel qui viennent au moins du sommet. Sont-ce des débris de cuisine? C'est peu vraisemblable; on ne trouve pas avec certitude de poterie, les os de Mammifères sont rares ou absents. L'origine est-elle rituelle comme l'ont suggéré Baudouin et S. Reinach? Les mounds nord-américains sont aussi volumineux [1].

---

[1] Haute de 8 à 9^{m}, la masse des huîtres, évaluée à 500000 ou 700000^{m^3}, est exploitée avec une vitesse extrême.

BOTANIQUE. — *Sur l'origine de la monocotylie chez la Ficaire.* Note de M. **P. Bugnon**, présentée par M. L. Mangin.

Hubert Winkler a décrit ([1]) quelques plantules de Ficaire (*Ranunculus Ficaria* L.) ayant deux cotylédons opposés, semblables chacun à l'unique cotylédon habituel : ces plantules dicotylées anormales représenteraient pour l'espèce le type originel, réalisé par retour atavique; elles fourniraient la preuve décisive contre la valeur double attribuée au cotylédon unique normal par les partisans de la théorie de la syncotylie; H. Winkler a en outre tiré de leur existence la conclusion que *la Ficaire était devenue monocotylédone par avortement total de l'un des deux cotylédons primitifs*.

Mais, en faisant abstraction de la théorie de la syncotylie, on peut interpréter la dicotylie anormale de la Ficaire d'au moins deux autres manières différentes.

1° *Les deux cotylédons résulteraient d'une dichotomie du cotylédon unique, poussée à l'extrême.* — Les auteurs qui ont étudié les variations cotylédonaires en général sont d'accord pour admettre, en raison de l'existence de tous les termes de transition désirables, qu'un cotylédon peut se diviser totalement en deux autres, que la polycotylie peut se produire par schizocotylie. Ceux qui ont étudié ces variations chez la Ficaire ont tous signalé que la dichotomie normale du cotylédon pouvait être plus ou moins accentuée ; c'est surtout H. Winkler lui-même qui a décrit, à cet égard, les variations les plus remarquables : dans son échantillon 3, par exemple (*loc. cit.*, 1926, p. 340, fig. 19), la division du cotylédon intéresse tout le limbe et même la partie supérieure du pétiole. L'auteur affirme d'ailleurs qu'on ne peut voir dans ses plantules dicotylées la phase extrême de cette schizocotylie si étendue ; mais il ne justifie pas son assertion. En somme, les variations actuellement décrites dans la dichotomie du cotylédon de la Ficaire constituent assez de stades intermédiaires pour qu'on puisse admettre ici également une dicotylie accidentelle par schizocotylie complète.

2° *Un des cotylédons serait d'habitude transformé en la première feuille* (f_1) *suivant le cotylédon normal, mais pourrait reprendre sa place et sa forme originelles.* Chez la Ficaire, l'année même où le cotylédon se déploie, f_1 peut se développer en feuille végétative ([2]) : ce cas est peu fréquent dans les conditions naturelles sous

---

([1]) *Beitr. z. Biologie d. Pflanzen*, 14, 1926, p. 335 ; 15, 1927, p. 126; 19, 1931, p. 29. Sur plusieurs milliers de plantules observées de 1925 à 1931, six seulement étaient dicotylées.

([2]) Ou demeurer à l'état d'ébauche plus ou moins atrophiée; la feuille végétative qui se déploiera la première l'année suivante sera en général f_2 ou f_3, suivant les observations de Schmid et de H. Winkler. J'avais admis à tort, pensant pouvoir le déduire des descriptions d'Irmisch et de Sterckx, que la première feuille végétative apparaissant après le cotylédon était dans tous les cas f_1.

notre climat; mais, d'après H. Winkler, il deviendrait la règle dans des conditions plus favorables (cultures en serre, plantules de Ficaires du sud de l'Europe). Ainsi développée, f_1 ne diffère d'un cotylédon que par son niveau d'insertion sur l'axe et par sa forme et sa nervation. Or, j'ai souligné ailleurs que des cotylédons peuvent se montrer disjoints en hauteur et que des cotylédons peuvent prendre la forme et la nervation des feuilles végétatives suivantes (*Bull. Scient. de Bourgogne*, 1, 1931, p. 11 et 13; 2, p. 36; P. BUGNON et A. PARROT, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 332); il en est ainsi même chez la Ficaire : Irmisch, Sterckx, H. Winkler ont décrit et figuré des cotylédons à limbe pourvu d'un lobe médian avec nervure médiane simple et j'ai personnellement insisté sur les termes de passage entre types foliaires chez cette plante ([1]). Ces faits suffisent à justifier l'hypothèse suivant laquelle la Ficaire serait devenue monocotylédone par hétérocotylie, l'un des cotylédons formant la première feuille, que celle-ci se déploie largement en feuille végétative ou qu'elle demeure plus ou moins atrophiée. On peut faire intervenir alors un retour atavique pour ramener cette feuille à l'état cotylédonaire primitif, aussi facilement que pour ramener à l'existence un cotylédon supposé complètement avorté.

Ainsi on peut trouver, et notamment dans les intéressantes observations de H. Winkler, d'excellents arguments en faveur de l'une ou de l'autre de ces dernières hypothèses. Par contre, pas plus que ceux qui ont attribué avant lui la monocotylie de la Ficaire à la suppression totale de l'un des deux cotylédons originels, H. Winkler n'a observé de stades intermédiaires dans l'avortement supposé de l'un des cotylédons et n'a vu, dans les plantules normales, de traces reconnaissables du cotylédon supprimé : la théorie qu'il choisit est donc la seule à laquelle ses propres observations n'apportent aucune justification et qui reste, comme je l'indiquais en 1923 ([2]), une hypothèse purement gratuite.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *Michel Adanson, précurseur du lamarckisme.* Note de M. **AUG. CHEVALIER**, présentée par M. J. Costantin.

Voulant me rendre compte de l'importance des recherches d'Adanson sur la flore du Sénégal où il passa quatre ans (1749-1754), j'ai été amené à lire, tout en parcourant son Herbier, cédé récemment au Muséum, ses deux Ouvrages fondamentaux : *Histoire naturelle du Sénégal* (1757) et *Familles des Plantes* (1763).

On sait que, dans ce dernier travail, dix ans avant Laurent de Jussieu, Adanson a exposé les principes d'une classification des plantes par familles naturelles « ajoutant aux conoissances anciennes nombre de conoissances

---

([1]) P. BUGNON, *Bull. Soc. linn. de Normandie*, 7e série, 7, 1924, p. 33.
([2]) P. BUGNON, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 766.

nouvelles distribuées sur un plan nouveau ». Il distingua des genres nombreux méconnus par Linné, maintenus pour la plupart dans le *Genera* de L. de Jussieu, publié seulement en 1789. Le mérite de ce dernier fut de baser sa classification sur la subordination des caractères, qui, suivant son expression, doivent se peser et non se compter, subordination que n'avait pas discernée Adanson.

Ce dernier élève de Bernard de Jussieu au Jardin du Roi, entré à l'Académie des Sciences en 1763, fut pourtant un grand génie, d'une rare originalité. J'ai pu me rendre compte en lisant d'un bout à l'autre le Tome I de ses *Familles des Plantes* (ouvrage qu'on ne consulte guère de nos jours) que sur nombre de points relatifs à la vie des plantes et à leur classification, il avait été un précurseur, très en avance sur son temps. C'est ainsi que j'ai eu la grande surprise d'apprendre que dès 1763, alors que Lamarck était encore un jeune homme de 20 ans, ignorant encore probablement, presque tout des sciences naturelles, Adanson avait eu une conception très nette du transformisme et même de l'hérédité des caractères acquis.

On lit en effet page cxıȷ de ses *Familles des Plantes* (1763) :

« Il se fait sans le secours de la fécondation étrangère, dans les plantes qui se reproduisent de graines, des changemans procurés soit par la fécondation réciproque de deux individus différens en quelque chose, quoique de même espèces, soit par la culture, le terrain, le climat, la sécheresse, l'humidité, l'ombre, le soleil, etc. Ces changemans sont plus ou moins prompts, plus ou moins durables, disparoissent à chaque génération, ou *se perpétuent pendant plusieurs générations*, selon le nombre, la force, la durée des causes qui se réuniront pour les former, et selon la nature, la disposition et les mœurs, pour ainsi dire de chaque plante. ».

Et après avoir cité quelques exemples de modifications qu'il a observées ou que d'autres ont rapportées, il ajoute :

« Il paroît donc suffisamment prouvé, par les faits cités ci-dessus, que l'art, la culture et encore plus le hasard, c'est-à-dire certaines circonstances inconnues, font naître non seulement tous les jours, des variétés dans les fleurs curieuses, telles que les Tulipes, les Anémones, les Renoncules, etc., mais même quelquefois des Espèces nouvelles... sans compter nombre d'autres plantes qui passent pour des variétés nouvelles et qui se perpétuent peut-être et forment autant d'Espèces.... De là, la difficulté de définir quels sont les corps primitifs de la création, quels sont ceux qui, par la succession de la reproduction, ont pu être changés où même produits de nouveau par des causes accidentelles (1). »

(1) Nous avons conservé l'orthographe d'Adanson. On sait que ce savant avait conçu un projet d'Encyclopédie scientifique qui devait s'étendre jusqu'à la réforme de l'orthographe française. Ce projet fut jugé trop vaste pour être réalisable par ses collègues de l'Académie des Sciences.

L'ouvrage d'Adanson n'eut pas une grande notoriété parmi les botanistes de son temps. Il y faisait montre d'un trop grand esprit d'indépendance et ne se gênait pas pour critiquer diverses théories de Linné, alors à l'apogée de sa réputation.

Il est pourtant hors de doute que Lamarck quand il aborda, à 28 ans, en 1772, l'étude de la botanique au Jardin du Roi, utilisa souvent les *Familles des Plantes* d'Adanson qui l'y avait précédé et il dut dès ce moment s'imprégner de ses idées pour les mûrir et les approfondir par la suite.

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *Contribution à l'étude des zones de Lichens sur le littoral du Portugal.* Note de M. **Ad. Davy de Virville**, présentée par M. Molliard.

On sait que, sur les côtes rocheuses françaises de l'océan Atlantique et de la Manche, un certain nombre de Lichens sont si nombreux et si constants à un niveau déterminé au-dessus de la mer qu'ils constituent des zones de végétation caractéristiques. On observe ainsi, formant des bandes plus ou moins exactement superposées les unes au-dessus des autres, les espèces suivantes : 1° *Xanthoria parietina;* 2° *Caloplaca marina;* 3° *Verrucaria Maura;* 4° *Lichina confinis;* 5° *Lichina pygmæa*. Ces lichens sont d'autant plus développés et abondants, toutes conditions égales d'ailleurs, qu'on les observe sur une côte plus septentrionale. Inversement il était intéressant de rechercher ce que devenaient ces zones sur un littoral plus méridional. C'est ce que nous avons pu faire, pendant les étés de 1931 et de 1932, à la faveur d'une mission qu'a bien voulu nous accorder le Ministère de l'Éducation nationale, en explorant les stations rocheuses les plus remarquables échelonnées du Nord au Sud sur le littoral du Portugal : granites des environs de Viana-do-Castelo et de Porto; rochers jurassiques et crétacés du cap Mondego, et plus au Sud, de Casacës, près de Lisbonne, puis de Setubal, au pied de la Serra de Arábida; hautes falaises liasiques, calloviennes et lusitaniennes du cap Saint-Vincent et de Sagres; Miocène marin de Lagos et de Praia da Rocha. Voici ce que nous avons constaté.

1° *Xanthoria parietina.* — Des thalles épars de cette espèce existent parfois, en grande abondance, en arrière du littoral proprement dit. Mais nous n'avons jamais pu reconnaître, avec certitude, une véritable zone et encore moins en mesurer la hauteur.

2° *Caloplaca marina.* — Cette espèce est mieux représentée que la précédente

avec laquelle elle vit souvent en mélange. Elle ne forme guère une zone bien nette que dans le nord du Portugal. Celle-ci, près de Viana-do-Castelo, mesure $0^m,50$ de hauteur environ.

3° *Verrucaria Maura.* — Cette espèce est la plus constante de toutes : elle forme le plus souvent, mais pas toujours, une zone très régulière de $1^m,50$ à 2^m de hauteur.

4° *Lichina confinis.* — Ce lichen, au contraire, présente une répartition verticale et horizontale très sporadique, remontant parfois jusqu'au voisinage des *Xanthoria.* Nous ne l'avons jamais vu former une véritable zone sur le littoral portugais.

5° *Lichina pygmæa.* — Assez bien représenté dans la région de Viana, nous ne l'avons rencontré qu'en deux stations sur la côte, près de Porto, et il nous a paru faire entièrement défaut au cap Mondego ainsi qu'à Cascaës. Par contre, près de Setubal, au cap Saint-Vincent et même encore à Lagos, il forme une zone très régulière de $0^m,60$ à 1^m de hauteur.

En résumé, on voit que ces cinq lichens maritimes ou marins se retrouvent tous sur les côtes du Portugal, et même que la plupart d'entre eux y constituent des zones bien caractérisées. Toutefois, ils sont certainement moins nombreux et moins constants que sur les côtes françaises du Massif armoricain, sans doute par suite de la plus grande intensité de la radiation solaire, de la température plus élevée et aussi de l'espacement des pluies. C'est également la raison pour laquelle ces diverses zones deviennent de plus en plus irrégulières et fragmentaires à mesure que l'on s'avance vers le sud du Portugal. Mais il faut aussi tenir compte de la nature physique du substratum. Non seulement ces zones n'existent pas sur les dunes et lagunes qui occupent une étendue relativement considérable du littoral portugais, mais encore elles sont très mal représentées, parfois même absentes, sur les rochers trop lisses ou trop friables pour que les lichens puissent s'y installer, comme au cap Mondego, par exemple. Enfin, la hauteur verticale de ces zones sur les rochers maritimes est bien moins considérable au Portugal qu'au fond du golfe normano-breton français par suite de la moindre amplitude des marées.

Cette répartition est évidemment à rapprocher de celle tout à fait analogue que l'on peut observer pour les zones d'algues marines sous-jacentes. Dans les deux cas, en particulier, c'est sur des côtes plus méridionales que l'on constate leur complète disparition.

ZOOLOGIE. — *Contribution à l'étude du cycle évolutif des Zoogonides (Trématodes).* Note de M. **Jean Timon-David**, présentée par M. Caullery.

J'ai observé, chez certains oursins du golfe de Marseille, la présence de curieuses métacercaires enkystées dans les muscles masticateurs de la lanterne d'Aristote. Ces organismes avaient été remarqués, autrefois, par C. Jacquème, qui en a fait mention dans un manuscrit resté ignoré; leur étude détaillée m'a permis de découvrir qu'ils constituent la dernière forme larvaire du Trématode décrit par Looss (¹) en 1901 sous le nom de *Zoogonus mirus*, étudié ensuite par Goldschmidt (²) et Odhner (³) et qui vit normalement dans le rectum de *Labrus merula*.

L'attention avait déjà été attirée sur les premiers stades du développement de *Zoogonus mirus;* Goldschmidt a montré que ce Trématode est vivipare et que ses miracidiums sont déjà libres dans le tube utérin. Les migrations et les hôtes intermédiaires étaient inconnus.

J'ai constaté la présence des métacercaires de *Zoogonus* chez l'oursin ordinaire (*Paracentrotus lividus*) et chez *Sphærechinus granularis*, avec plus de fréquence chez la première espèce. Elles sont enkystées dans les muscles adducteurs et abducteurs des mâchoires, dans les tenseurs des compas et dans les interpyramidaux; leur nombre varie beaucoup, de 1 à 6 par individu. Pour les rechercher, des fragments de muscles étaient légèrement comprimés entre lame et lamelle et examinés soigneusement au binoculaire; les kystes étaient ainsi facilement repérés.

Ces kystes mesurent en moyenne 250$^{\mu}$ de diamètre; leur paroi réfringente est épaisse de 3$^{\mu}$. Ils renferment la larve enroulée sur elle-même : sa face ventrale occupe la concavité, sa face dorsale est directement accolée à la paroi. La ventouse orale et le pore excréteur sont bout à bout et la ventouse ventrale fait légèrement hernie. L'ensemble baigne dans un liquide interstitiel qui est parfois incolore et d'autres fois teinté plus ou moins fortement en vert.

En dilacérant les kystes avec de fines aiguilles, j'ai pu extraire la métacercaire et la conserver vivante pendant 24 heures dans de l'eau de mer;

(¹) *Centralbl. für Bakt. und Parasit.*, 29, 1901, p. 398 et suiv.
(²) *Ibid.*, 32, 1902, p. 870; *Zool. Jahrb., Abt. f. Anat.*, 21, 1905, p. 607.
(³) *Zool. Anzeig.*, 37, 1911, p. 244.

elle est longue de 600$^{\mu}$ et large de 200$^{\mu}$; ses téguments sont couverts d'épines, surtout dans la région antérieure. La ventouse ventrale, un peu plus grande que la ventouse orale, est située à peu près au milieu du corps: le tube digestif débute par un long prépharynx; le pharynx, dont le bord supérieur a la forme d'une corbeille dentelée, est volumineux, long de 63$^{\mu}$ et large de 62$^{\mu}$; il est suivi d'un œsophage cylindrique, dont la paroi est formée d'une épaisse musculature longitudinale. Cet œsophage se prolonge au delà de la ventouse ventrale et se bifurque en donnant naissance à deux courtes branches intestinales, tapissées d'un épithélium à gros noyaux.

Les deux testicules subsphériques sont situés symétriquement derrière la ventouse ventrale; ils émettent chacun par leur côté interne un canal déférent; ces deux conduits se fusionnent sur la ligne médiane et aboutissent à une poche du cirre recourbée qui suit le bord de la ventouse ventrale. Le pore génital se trouve situé exactement à la hauteur du centre de cette ventouse.

Les organes femelles sont incomplètement développés, comme il est de règle chez les Agamodistomes. L'ovaire médian est situé entre les diverticules intestinaux, à la hauteur de leur terminaison. A côté de lui se trouvent un réceptacle séminal et un unique vitellogène. L'utérus, à peine indiqué, remonte directement en avant et vient se terminer par un métraterme accolé à la poche du cirre.

L'appareil excréteur constitue une vésicule arrondie qui occupe l'extrémité postérieure du ver et s'ouvre par un pore terminal. Sur le vivant, cette poche excrétrice se distingue très nettement, par suite de la présence de nombreuses gouttelettes réfringentes.

Comme on le voit, l'anatomie de cette métacercaire correspond exactement à celle de la forme adulte décrite par Looss et par Goldschmidt; elle en diffère seulement par l'état embryonnaire de l'utérus et l'absence d'activité génitale : je n'ai jamais observé de progenèse.

J'ajouterai, en terminant, que la contamination des oursins paraît très générale dans le golfe de Marseille; j'ai trouvé presque constamment les métacercaires de *Zoogonus*, depuis le cap Couronne jusqu'au cap Croisette.

ANTHROPOLOGIE. — *Sur les caractères microscopiques différentiels des os chez les Primates.* Note de M. **Charles Fraipont**, transmise par M. Calmette.

MM. Müller et Desmarez ont publié dans le nº 14 des *Comptes rendus* (3 avril 1933), une Note fort intéressante sur les caractères microscopiques différentiels de l'os de Cynocéphale adulte et de l'os humain et ont conclu que le Cynocéphale se rapproche par ses caractères histologiques beaucoup plus de l'os « animal » que de l'os « humain ».

Cette conclusion est en tous points conforme à ce qu'avec la majorité des anthropologistes, j'ai toujours pensé et enseigné. Ce *fait* confirme une loi à laquelle je n'ai trouvé jusqu'à présent nulle exception : *Tous les caractères qui différencient l'Homme des autres Primates, sont, en dernière analyse, dus à l'acquisition de la station verticale.*

Il est donc logique et normal que les caractères des os du Cynocéphale, essentiellement quadrupède, présentent les caractères des os des vrais quadrupèdes et s'éloignent du type bipède parfait présenté par l'Homme malgré la parenté du Cynocéphale et de l'Homme, singe catarrhinien comme lui. La loi de corrélation des organes de Cuvier peut aujourd'hui être considérablement étendue. Il y a corrélation incontestable entre les organes et l'éthologie des individus, entre les organes ou la morphologie et les sécrétions internes. J'ai déjà développé ailleurs et je continue à développer cette conception. Si j'ai cru devoir adresser cette Note à votre illustre assemblée, c'est pour inviter MM. Muller et Desmarez à poursuivre leur intéressante recherche en s'adressant aux os de Singes grimpeurs, d'Anthropoïdes grimpeurs comme l'Orang, d'Anthropoïdes marcheurs comme le Gorille des volcans (*Gorilla beringei*) et enfin à *Homo neanderthalensis*, déjà marcheur bipède complet, mais qui a conservé des caractères morphologiques de ses ancêtres grimpeurs. Je ne doute pas un instant que ces observations ne leur permettent de découvrir toutes les transitions entre le type du mammifère quadrupède conservé par le Cynocéphale et le type bien différent du seul Catarrhinien bipède parfait : l'Homme. Une telle recherche permettra à MM. Muller et Desmarez d'arriver à la causalité du fait qu'ils ont observé, à savoir que les caractères microscopiques des os des Primates quadrupèdes marcheurs demeurent ceux présentés par les autres mammifères en général, mais que le passage de la station quadrupède à la station verticale bipède modifie cette structure dans un sens aboutissant aux caractères microscopiques de l'os humain.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur un produit résultant de l'action de la pepsine sur la glycine*. Note de M. **A. Blanchetière**, présentée par M. A. Desgrez.

J'ai montré, d'une part, que l'hydrolyse pepsique des protides conduit à la formation de quantités appréciables, souvent importantes, de diacipipérazines (¹); d'autre part, que l'action de ce ferment sur les solutions d'acides monoaminés, isolés ou en mélange, conduit à une disparition de groupement aminé qui ne peut guère s'expliquer que par une anhydrisation (²).

Il m'a donc paru nécessaire de tenter l'isolement du mélange des substances non précipitables à l'état de dérivés carbaminés et d'étudier leur nature.

Comme tentative préliminaire, j'ai utilisé les résidus provenant des recherches précédentes. Le mélange de ces résidus correspondait à une mise en œuvre de 24^g de glycine.

Ce mélange fut traité, comme d'usage, par un courant de CO^2 en présence de baryte, en suivant la saturation par des touches sur phénol-phtaléine. Lorsque le virage du colorant fut très peu accusé, marquant la fin de la réaction, le tout fut précipité par addition de cinq volumes d'alcool à 95 pour 100. Dès que le précipité eut floculé, il fut rapidement séparé par filtration à la trompe sur buchner et lavé trois fois par broyage avec de l'alcool à 80 pour 100 refroidi à la glacière, suivi de filtration.

Le liquide ainsi obtenu fut tout d'abord privé d'alcool par distillation sous pression réduite, concentré à consistance sirupeuse dans les mêmes conditions, puis abandonné à température et pression ordinaires dans un exsiccateur à acide sulfurique.

Il se forma, en quelques jours, dans le sirop de beaux cristaux morphologiquement identiques à ceux du glycocolle et qui furent identifiés chimiquement à cet amino-acide. Séparés par centrifugation, essorés au papier filtre et séchés dans le vide, leur poids atteignit un peu plus de 1^g, ce qui, avec la glycine retirée du précipité barytique de carbaminé, soit un peu plus de 9^g, donne une récupération de 10 à 11^g de glycine en nature.

Le sirop séparé des cristaux de glycine par centrifugation, comme il vient d'être dit, ne dissout pratiquement plus l'hydrate de cuivre. Il ne donne

---

(¹) *Comptes rendus*, 188, 1927, p. 1321; 189, 1929, p. 784; 191, 1930, p. 1479.
(²) A. Blanchetière, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 256.

plus la réaction d'Abderhalden et Komm ([1]); précipité par un très grand excès d'alcool absolu, environ 20 volumes, il donne un précipité *blanc*, soyeux et léger, rappelant assez bien les sels de quinine ou de caféine, mais très hygroscopique.

Dans l'étuve à 40°, il perd plus des neuf dixièmes de son volume en se transformant en une substance colorée en *brun clair* dont le rendement fut de $2^g,36$. Il en fut, en outre, récupéré une quantité supplémentaire de $0^g,75$ des liquides de lavage. Si donc on tient compte des 10 à 11^g de glycine récupérés plus haut, on obtient environ 50 pour 100 de la glycine primitivement mise en jeu.

Le produit de réaction est soluble dans l'eau, mais en est précipité par addition ménagée d'alcali ou de carbonate alcalin dilués.

Dissous dans un *excès* de soude normale, il en est reprécipité par neutralisation exacte de celle-ci au bout de 4 heures de contact, mais non au bout de 24 heures. Dans ce dernier cas, la substance reste en dissolution et celle-ci a en outre la propriété de dissoudre l'hydrate de cuivre comme le fait un amino-acide ou un peptide.

La solution primitive, séparée du carbaminé, n'est pas précipitable par addition de 5 à 10 volumes d'acétone. Elle l'est, au contraire, par addition de solution saturée d'acide picrique. Les réactions de Abderhalden et Komm et du nitroprussiate sont négatives.

Ces diverses constatations amènent à conclure que : 1° le produit en question est un dérivé de condensation de la glycine (caractères de solubilité, défaut de dissolution de la glycine, récupération de cette dernière propriété par action des alcalis); 2° ces deux derniers caractères l'apparentent évidemment aux diacipipérazines; 3° l'absence presque totale de la réaction de Abderhalden et Komm la différencie de la forme ordinaire ou *cétonique* des diacipipérazines, ce serait donc la forme énolique.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Les Algues excrètent dans les Océans de la matière organique pigmentée soluble. Conséquences.* Note de M. **Gilbert Ranson**, présentée par M. L. Joubin.

En 1927 (*Ann. Inst. Océanog.*, 4, III) j'ai démontré que *Navicula ostrearia* Bory est une Diatomée normalement planctonique devenant

---

([1]) *Zeit. Phys. Chem.*, **139**, 1924, p. 181-204, et **140**, 1924, p. 99-108.

benthique par chimiotactisme, lorsqu'elle trouve sur le sol une substance organique particulière, un sucre au sens général du terme. Elle présente alors une activité débordante, une reproduction par division accélérée et, fait plus extraordinaire, elle acquiert une pigmentation bleue entièrement nouvelle. Ce pigment bleu, liposoluble, colore le protoplasma même de la Diatomée et des gouttelettes intracytoplasmiques, mais jamais les vacuoles. C'est un cas qui paraît unique dans le règne végétal.

Le *Navicula ostrearia* Bory a été signalé à l'état benthique avec sa pigmentation caractéristique, sur toutes les côtes où se cultivent de grandes quantités d'Huîtres. Il a été trouvé, quoique moins abondamment, dans d'autres circonstances dont les conditions restent à analyser, mais où la présence d'un sucre paraît encore évidente. J'ai démontré expérimentalement que le mucus sécrété abondamment par les Huîtres dans les régions ostréicoles est l'origine de la fixation sur le sol et du développement particulier de la Navicule bleue. Connaissant, par les travaux de divers auteurs, l'action des sucres sur certaines Algues unicellulaires, j'ai supposé que la glycosamine, libérée, par les bactéries, de la mucine des Huîtres, devait être le facteur déterminant de ce phénomène.

En utilisant certains sucres, j'ai obtenu des cultures synthétiques de cette Diatomée, en partant d'individus à protoplasma dépigmenté. A l'état benthique et en cultures, la plus petite variation du milieu la fait redevenir planctonique ou périr. Je poursuis actuellement l'analyse expérimentale des facteurs de son développement dans ces conditions. Je viens de réaliser de nouveau de splendides cultures de Navicules bleues à partir de Navicules dépigmentées. Elles se maintiennent sur le fond ou sur les parois des cristallisoirs grâce au mucilage abondant qu'elles sécrètent. Si nous recueillons l'eau d'une culture en pleine activité, nous constatons, par comparaison avec de l'eau ordinaire, qu'elle possède une belle teinte vert bleuâtre caractéristique. En la filtrant, on s'assure que la présence de Navicules n'est pas la cause de sa coloration. Elle est parfaitement limpide sans le moindre trouble.

Mes recherches de 1927 et les observations nouvelles que je viens de faire me permettent d'affirmer que *Navicula ostrearia* Bory, dans certaines conditions de nutrition, excrète abondamment dans l'eau une matière organique pigmentée soluble. Quelle est sa nature? Les travaux de Pfitzer (1870-1871) et de Beijerinck (1904) ont montré l'absence de sucre et d'amidon chez les Diatomées et la présence d'une substance huileuse. Cette dernière, souvent figurée sous forme de gouttelettes pigmentées dans la

cellule, présente les réactions des lipoïdes. Il s'agit d'une matière organique de l'ordre des phosphatides. La présence des phosphatides dans la granulation chlorophyllienne a, par ailleurs, été signalée par M. Stokalsa.

D'autres observations personnelles sur les Diatomées brunes et les cultures de celles-ci me conduisent à généraliser cette notion. Toutes les Diatomées, lorsqu'elles sont dans certaines conditions de photosynthèse ou de nutrition organique, excrètent dans l'eau une substance de l'ordre des phosphatides. Ces faits constituent le plus solide appui à l'une des hypothèses de A. Putter basée sur de nombreuses observations et calculs. Nous devons admettre, avec cet auteur, que toutes les plantes des Herbiers côtiers, toutes les Algues marines, dans certaines conditions de photosynthèse, excrètent dans l'eau de la matière organique. Mes recherches apportent une précision à cette notion; elles démontrent que cette substance organique est toujours pigmentée. La nature de celle-ci, pour les Herbiers et les Algues autres que les Diatomées, n'a pas encore été déterminée.

Des faits nouveaux récents nous permettent d'étendre notre généralisation aux végétaux terrestres. Les travaux de Schülow (1913), G. Truffaut et N. Bezssonoff (1925), T. Demidenko (1928), ont montré que les plantes supérieures excrètent par leurs racines des hydrates de carbone. Hansteen Cranner (1922), en opérant avec des Légumineuses et des Bégonias, a constaté l'excrétion par les racines de substances qu'il rapporte à des phosphatides contenant des acides gras non saturés et combinés avec des sucres.

En considérant les immenses surfaces côtières couvertes par les Herbiers et les Algues, celles où vivent les Sargasses, ou encore les immenses étendues où pullulent, dans les mers froides principalement, les Diatomées planctoniques, on peut se rendre compte de la quantité extraordinaire de matière organique pigmentée ainsi libérée et se trouvant en solution dans les Océans. Les eaux de ces zones peuvent être considérées comme de véritables solutions de phosphatides et peut-être aussi d'hydrates de carbone, de moins en moins concentrées à mesure qu'on s'avance vers le large dans les régions où les Diatomées sont moins nombreuses. Cette substance organique excrétée constitue sans aucun doute une source importante de matériaux nutritifs pour les animaux qui peuvent l'absorber, comme je l'ai démontré expérimentalement en 1927, directement par la surface extérieure du corps. Ce phénomène nous apporte, d'un autre côté, un élément nouveau pour l'analyse du problème de la pigmentation des animaux dont la solution serait si utile, dans certains cas, pour la délimitation des espèces.

Dans ces mêmes régions océaniques, la quantité considérable de matière

organique pigmentée en solution doit jouer, d'autre part, un rôle dans la coloration des eaux; ces pigments étant d'ailleurs susceptibles de variations avec le pH du milieu. Cette influence, certainement importante dans certains cas, n'en est pas moins locale. Il ne peut être question de généraliser cette notion, car il est trop évident que certaines colorations océaniques sont d'ordre physique.

MICROBIOLOGIE. — *Observations sur le phénomène de Charrin et Roger (agglutination sérique des Bactéries).* Note [1] de M. **Ph. Lasseur**, Mlle **A. Dupaix** et M. **J.-G. Marchal**, présentée par M. Hyacinthe Vincent.

Les expériences anciennes d'Eisenberg et Volk (1902) et celles plus récentes de Lasseur et ses collaborateurs (1921-1929-1930-1932) ont montré que la fixation de l'agglutinine sur l'antigène homologue est une réaction limitée, du moins en ce qui concerne l'anticorps.

Mais il est un autre fait sur lequel nous avons déjà longuement insisté (Lasseur et Dupaix, 1929-1930-1932; Dupaix, 1933), c'est la présence de plastides isolées dans des systèmes qui renferment non seulement de nombreux amas sériques mais encore un excès d'agglutinine [2].

Deux hypothèses peuvent être émises pour expliquer la présence de plastides libres dans un système agglutinant renfermant un excès d'anticorps :

1° Les plastides restées libres appartiennent à des biotypes non agglutinables.

2° L'agglutination sérique des Bactéries est une réaction limitée réversible régie par un état d'équilibre au sens d'Arrhenius-Madsen.

Nous nous sommes efforcés de vérifier successivement si les faits que nous avons observés pouvaient entrer dans le cadre de l'une ou l'autre de ces hypothèses. Nous nous bornerons à indiquer les grandes lignes de l'expérimentation.

Des plastides de *B. caryocyaneus* provenant de cultures agées de 40 heures (effectuées sur gélose peptone de pH = 7) sont lavées trois fois à l'eau physiologique. Par agitation avec des billes de verre et centrifugation fractionnée, on obtient des suspensions formées de plastides isolées.

Ces suspensions additionnées de leur volume de sérum homologue *conve-*

---

(1) Séance du 12 juin 1933.

(2) Remarquons toutefois que lorsqu'on fait agir un grand nombre d'unités d'agglutinine, on n'observe plus d'éléments isolés.

nablement dilué, montrent, après 4 heures de contact à 37° C., des amas abondants et des plastides libres (système A). Par centrifugation fractionnée, on obtient un dépôt surmonté d'une suspension S constituée par des plastides bien isolées les unes des autres. Cette suspension S est soumise aux deux séries d'expériences suivantes :

I. *Isolement de souches ayant pour origine une seule plastide.* — A l'aide de la cellule et de la technique que nous avons antérieurement décrites (Lasseur, Marchal et Dupaix, 1931; Marchal 1932), nous avons obtenu 14 cultures ayant certainement pour origine une seule plastide. Sous l'action du sérum agglutinant, ces 14 souches ont donné des dilutions limites d'agglutination qui ont varié de 1/16000 à 1/64000. La suspension témoin offrait une dilution limite d'agglutination de 1/64000.

Les 14 cultures obtenues ne sont pas également agglutinables, mais les variations d'agglutinabilité sont relativement faibles. Il paraît donc difficile d'attribuer la non-agglomération de certaines plastides dans les systèmes agglutinants à la présence de biotypes inagglutinables.

Cette conclusion se heurte immédiatement à une objection : dans l'expérience ci-dessus, on opère sur les descendants de la plastide restée libre dans le système A et non sur la plastide elle-même. C'est pourquoi nous avons eu recours à la deuxième série d'expériences suivantes.

II. *Essais d'agglutination des plastides restées libres dans le système* A. — A cet effet, on distribue la suspension S dans une série de tubes : *a*, *b*, *c*, *d*; dans chaque tube on ajoute une quantité convenable (¹) de sérum de dilution croissante.

Dans ces conditions d'expérience (système B) le deuxième apport de sérum agglutinant réalise l'agglutination des plastides restées libres dans le système agglutinant A; mais en B, on n'obtient pas des dilutions limites d'agglutination de l'ordre de 1/64000 observée en A. La suspension S offre des dilutions limites variant de 1/1000 à 1/2500.

Les plastides ayant résisté à l'action du sérum dans le système A sont donc agglutinées par un second apport de sérum, mais leur agglutinabilité est plus faible que celle des plastides neuves. Il semblerait que la fixation d'une faible quantité d'agglutinine s'oppose à la fixation ultérieure d'une quantité plus grande d'agglutinine ou protège les plastides bactériennes contre la « dénaturation » au sens de Loeb.

La stabilité particulière de la suspension S doit vraisemblablement être

(¹) Afin de conserver au système agglutinant une teneur suffisante en germes microbiens.

en relation avec une augmentation de la différence de potentiel entre les plastides et le liquide dispersif. Les essais de transport électrique effectués avec des suspensions S_1, S_2, S_3 renfermant 100, 200 et 300^{mg} de chlorure de sodium par litre ont donné comme différence de potentiel des valeurs de l'ordre de 65 à 120 millivolts.

En résumé dans la zone des fortes concentrations en agglutinine, toutes les plastides sont agglomérées mais une fraction de l'anticorps reste libre; dans la zone des moyennes et des faibles concentrations en agglutinine, tout l'anticorps est fixé, mais une partie des plastides reste libre.

M. **Franz Féron** adresse à l'Académie une Note signalant l'action exercée sur la pigmentation de la peau et des poils, chez l'homme et chez les animaux, par la graine d'une Papilionacée de Haïti, appelée *roiry* par les indigènes.

A 16^h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^{h}15^m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 6 juin 1933.)

Note de MM. *M. Schérer* et *R. Cordonnier*, Dichroïsme circulaire magnétique des solutions aqueuses de sulfate et de nitrate de cobalt :

Page 1726, ligne 17, *au lieu de* $\lambda = 410^{m\mu}$, *lire* $\lambda = 510^{m\mu}$; ligne 26, reporter ($c = 0,0704$) du bas du tableau à la suite de $COCl^2$ (dernière colonne).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 JUIN 1933.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BOREL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Paul Stroobant**, Correspondant de l'Académie pour la Section d'Astronomie, Directeur de l'Observatoire d'Uccle, et à M. **Francesco Miranda da Costa Lobo**, Directeur de l'Observatoire de Coïmbre, qui assistent à la séance.

M. le **Ministre de l'Éducation nationale** adresse ampliation du décret, en date du 24 juin 1933, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Pieter Zeeman** pour occuper la place d'Associé étranger vacante par le décès de sir *Ray Lankester*.

Il est donné lecture de ce décret.

M. **Roux** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur d'offrir à l'Académie, pour sa bibliothèque, le sixième volume des *Œuvres de Pasteur* réunies par son petit-fils le Dr Louis Pasteur-Vallery-Radot.

Ce sixième volume contient l'œuvre médicale de Pasteur. Une introduction écrite par le Dr Pasteur-Vallery-Radot montre comment Pasteur a été amené à s'occuper du rôle des microbes dans les maladies infectieuses. Dès ses premières expériences sur la fermentation lactique et sur la fermentation alcoolique, Pasteur avait la conviction que les maladies infectieuses de l'homme et des animaux sont causées par le développement de microbes dans leur organisme. Il s'en est expliqué dès 1859 dans une Note manus-

crite. En 1867, dans une lettre adressée à l'Empereur, il exprime son intention d'aborder l'étude des virus. Les termes de maladies des vins, de maladies de la bière, qu'il emploie souvent dans ses ouvrages, indiquent le rapport qu'il conçoit entre les fermentations et les maladies infectieuses.

Ce volume commence avec les premières communications sur la putréfaction et les fermentations faites par Pasteur à l'Académie de Médecine à son entrée dans cette Compagnie en 1873. Dès lors était ouverte la controverse doctrinale, souvent passionnée, qui s'est développée dans les diverses Sociétés savantes et qui devait durer jusqu'en 1886, à propos de cette série extraordinaire de découvertes sur l'atténuation des virus, la vaccination contre le charbon, contre le rouget des porcs et qui aboutit au traitement préventif de la rage après morsure.

Dans ce court espace de temps, de 1877 à 1885, la révolution médicale était accomplie. Tous les documents se rapportant à cette époque héroïque de la bactériologie sont réunis dans ce volume de plus de 900 pages. Le Dr Pasteur-Vallery-Radot a suivi l'ordre chronologique chaque fois que cela était possible sans nuire à la clarté de l'exposé. Le plus souvent il a réuni dans un même chapitre les communications traitant d'une même question.

On ne saurait priser trop haut l'intelligence et le soin apportés à cette publication. Les textes ont été colligés avec une véritable piété. Les variantes inévitables dans des communications faites dans diverses sociétés sur le même sujet sont signalées avec scrupule.

De l'ensemble des six volumes déjà parus et qui sera complété par un septième volume de documents, l'*Œuvre pasteurienne* apparaît dans son impressionnante grandeur.

Le Dr Pasteur-Vallery-Radot en réunissant tous ces travaux épars a rendu un éminent service aux travailleurs et à l'histoire des sciences. Non seulement il a élevé le plus beau monument à la mémoire de son grand-père mais il a aussi bien servi la France.

PHYSIQUE. — *Sur un générateur d'impulsions électriques fonctionnant à trois millions de volts.* Note de M. d'Arsonval.

Le 21 juin, nous avons présidé à l'inauguration de cet appareil installé à Ivry dans le laboratoire Ampère, fondé il y a dix ans par la Compagnie générale d'Électrocéramique pour l'essai des isolateurs de sa fabrication.

Ce nouveau dispositif fait suite à celui de un million de volts pour les essais à fréquence industrielle, 50 périodes, destiné au même but depuis 1923. Il a été établi pour étudier *expérimentalement* les perturbations causées par la foudre sur les réseaux électriques. Les surtensions produites par les décharges atmosphériques ne durant que quelques millioniêmes de seconde, il était important de pouvoir les reproduire et d'en enregistrer la forme et la valeur par l'oscillographe cathodique.

Le dispositif est très simple *en théorie* : il consiste à charger *en parallèle*, 100 condensateurs à 30000 volts et à les décharger *en série* à 3 millions de volts. Sa réalisation *pratique* n'a pu être obtenue qu'à la suite des longs et pénibles essais auxquels se sont livrés, sous la direction de M. Schuep, nos ingénieurs MM. Bellon et Sollima.

Les caractéristiques de ce générateur d'ondes de choc sont les suivantes :

Nombre de condensateurs	100
Capacité par condensateur	0,5 microfarad
Tension max. par condensateur	30 000 volts
Tension max. des 100 condensateurs en série	3 000 000 volts
Capacité » »	0,005 microfarad
Energie totale de la décharge	22 500 joules
Intensité max. instantanée	3 000 ampères
Puissance max. instantanée	9 000 000 kilowatts

On peut obtenir les couplages les plus variés, et notamment des décharges de l'ordre de 60 000 ampères sous 150 000 volts. Les détails en sont donnés dans un Mémoire spécial. A 3 millions de volts la longueur de l'étincelle, à l'air libre, dépasse 4 mètres avec cette puissance instantanée de 9 millions de kilowatts.

Mon but n'est point de décrire ce remarquable instrument, mais bien de rappeler que toutes les conceptions sur lesquelles il repose sont d'origine française. Ces différentes conceptions qui se succèdent de 1752 à 1933, avec réalisations partielles par leurs auteurs français, se trouvent aujourd'hui harmonieusement réunies dans ce générateur, grâce aux puissants moyens dont dispose de nos jours l'industrie électrique.

La puissante étincelle de choc du laboratoire Ampère n'est point une nouveauté pour la France. Elle y a été produite, et sur une plus grande échelle, il y a près de deux siècles. C'est en effet le 12 juillet 1752 que Jacques de Romas conçut sa célèbre expérience, et en mai 1753 qu'il l'exécuta dans la ville de Nérac devant tout un peuple frappé à la fois de stupeur et d'admiration.

En lançant son cerf-volant vers les nuées orageuses, de Romas obtint des étincelles de 6m de longueur et de la grosseur du bras, qui éclataient avec un bruit formidable faisant sauter les vitres dans le voisinage. En les dirigeant avec son *excitateur* sur le point qu'il voulait frapper, de Romas put disloquer des blocs de bois et de maçonnerie, foudroyer de gros animaux, mais par contre protéger efficacement contre ces puissantes décharges, des pigeons enfermés dans une cage métallique reliée à la terre.

Par cette grandiose expérience de Romas a donc le premier produit l'onde de choc, démontré la nature électrique de la foudre et prouvé l'efficacité de la cage métallique retrouvée 100 ans après par l'illustre Faraday.

L'Académie des Sciences a d'ailleurs reconnu et proclamé par trois fois la priorité de de Romas sur Franklin et sur Faraday :

1° Le 4 février 1764, en publiant un rapport rédigé en son nom par Duhamel et l'abbé Nollet;

2° En le nommant membre correspondant dans la séance du 29 mars 1775;

3° En me déléguant pour prononcer en son nom le discours proclamant les mérites de l'illustre physicien lors de l'inauguration de sa statue à Nérac le 22 octobre 1911 par le Président Fallières.

A cette occasion, notre regretté correspondant, l'héroïque Docteur Bergonié, remit au Président de la République les *œuvres inédites de J. de Romas sur l'Électricité*, réunies par lui et son collègue Courteault et publiées par les soins de l'Académie de Bordeaux.

Ainsi fut définitivement consacrée la gloire de Jacques de Romas. Nous ne trouverions rien à changer aujourd'hui à ses expériences qu'on reprend d'ailleurs, en Suisse, sur les pentes du Monte Generoso près de Lugano.

Mais on n'a pas toujours, comme Jupiter, la foudre à sa disposition pour produire de puissantes décharges électriques et en étudier les effets.

En inventant en 1859, l'accumulateur au plomb, Gaston Planté put constituer de puissantes batteries secondaires qu'il chargeait en parallèle et déchargeait en série en employant une faible source d'électricité.

Il put obtenir de la sorte des décharges de plusieurs centaines d'ampères sous 2000 volts et plus de tension.

En 1877, il fit mieux encore; avec sa batterie de 2000 volts il chargeait en parallèle une centaine de condensateurs qu'il déchargeait en série comme nous le faisons aujourd'hui. Gaston Planté réalisait ainsi une véritable onde de choc à 200000 volts avec sa *machine Rhéostatique*.

Gaston Planté que j'ai beaucoup fréquenté a publié ses *Recherches sur l'électricité*, en 1879, dans un volume assez rare aujourd'hui et dont je

possède un exemplaire qu'il m'avait dédié. Cet intuitif avait même soupçonné la nature corpusculaire de l'électricité au paragraphe 336 de son volume.

Au laboratoire Ampère on a remplacé pour charger les condensateurs, la batterie de Planté par des transformateurs industriels dont la première réalisation est due au Français Gaulard, mort d'ailleurs à la peine.

Les condensateurs ont dû être plongés dans l'huile comme je l'avais fait il y a 40 ans pour mes appareils de haute fréquence.

Mais cette idée des isolants liquides pour les hautes tensions est bien plus ancienne; elle remonte à 1860 et est due à un amateur parisien : M. Jean, qui, le premier construisit, d'après le livre de Du Moncel, des bobines d'induction donnant 30^{cm} d'étincelle.

Il isolait les circuits au papier buvard, desséchait ses bobines dans le vide et laissait ensuite entrer le liquide isolant (essence de térébenthine épaisse). On ne fait pas mieux aujourd'hui.

Quant à l'oscillographe cathodique c'est notre compatriote, M. Dufour, qui en a établi le premier modèle pratique.

J'ai cru devoir rappeler ces noms français car j'estime que ceux qui engrangent la récolte ont le devoir d'honorer ceux qui l'ont semée après avoir péniblement défriché le terrain.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — L'habitus, *ou individualité biologique des hybrides d'Hémérocalles* (Hemerocallis flava *L. et* H. fulva *L.*). Note de M. **L. Blaringhem**.

Peu de genres parmi les Liliacées se prêtent mieux que le g. *Hemerocallis* aux études de biologie florale. Cette forme de Lis, à fleurs légèrement zygomorphes groupées par 3 à 15 au sommet de hampes fortes, fleurit de la fin mai au début juillet; trois jours avant l'anthèse les boutons ont acquis leur forme et leur taille définitive; ils supportent parfaitement la castration et le pollen abondant fait nouer les ovaires, s'ils sont réceptifs, même sur les hampes détachées et mises avec un peu d'eau dans un coin humide du laboratoire. Peu d'espèces se prêtent mieux que les *Hemerocallis fulva* L. et *H. flava* L. à la démonstration précise de cette propriété que j'ai définie récemment sous le mot *habitus* (1), et cette fois encore l'indivi-

(1) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1850.

dualité biologique est surtout caractérisée par la forme, les positions respectives et la maturité des anthères et des ovaires lors de l'ouverture des fleurs. Mes premières observations datent de 1911; depuis 1921 je réalise chaque année une série d'hybrides où ont pu intervenir des formes horticoles telles que *H. aurantiaca*, *H. Forsteri;* c'est surtout avec les espèces *H. flava* L. et *H. fulva* L. et leurs dérivés que les faits observés sont démonstratifs.

A la vérité, j'ai fait connaître ([1]) et conserve ce point de vue que tous les représentants d'*H. fulva* cultivés en Europe ne sont probablement que des fragments du même individu. Une bonne raison en est fournie par le fait qu'en Europe on n'a jamais signalé, ni dessiné, de fruits de cette espèce cultivée et parfaitement décrite dès le XVIIe siècle. On reconnut cependant que le pollen était de bonne qualité, les ovaires et les ovules normaux et C. Sprengel (1793) dans ses remarquables études des *Secrets de la Nature* avoue n'avoir pu en obtenir de graines, de même que Kerner (1891) signale cette particularité comme une anomalie. Baillon (1881) admet que les stigmates sont réceptifs avant l'ouverture des anthères et laisse supposer que les insectes à longue trompe, qui n'existent pas en Europe, sont indispensables pour produire de bons fruits, à quoi Maximovicz (1888) répond en notant que la pollinisation artificielle soignée ne donne pas de meilleur résultat.

Depuis 1911, je me suis procuré des plantes *H. fulva* d'origines diverses, dont une à fleurs doubles, dont le pollen est absolument sans action sur les ovaires de l'*H. fulva* type. Bien que la variété à fleurs doubles fleurisse régulièrement trois semaines plus tard que le type, je dois, jusqu'à preuve du contraire, la regarder comme une simple variation végétative née de bourgeons ([2]) et non de graines; ce serait aussi l'origine de la variété à feuilles rubannées de vert et de blanc figurée dans des Ouvrages japonais du XVIIIe siècle. Le type à fleurs simples, cultivé à Bellevue (Seine et Oise), en pleine lumière ou sous bois, ou à Locon (Pas-de-Calais) sur terre forte qui retarde et prolonge la floraison, ou à Angers (Maine-et-Loire) sur terre sableuse et chaude qui avance et condense la floraison, partout *H. fulva* se présente avec des caractères floraux si nettement définis que j'y trouve la

---

([1]) *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 187.

([2]) Les variations de bourgeons sont assez fréquentes chez les hybrides interspécifiques; j'ai obtenu de belles disjonctions végétatives, inédites, chez des *Geranium*, des *Aquilegia*, et surtout des Caryophyllées.

démonstration même de l'*habitus* d'un individu unique applicable à toute l'espèce.

Le bouton sur le point de s'ouvrir a 8^{cm} de long, 1^{cm},3 dans sa plus grande épaisseur; les trois pétales externes laissent voir les trois internes accolés, qu'il suffit d'écarter pour trouver au même niveau le stigmate blanc papilleux déjà sensible au pollen. Or, au milieu de la journée ensoleillée qui précède l'ouverture de la fleur, les pointes des anthères des trois étamines externes sont à 8-9^{mm} du stigmate, les bases à 15^{mm}, les trois étamines internes ont leurs pointes au même niveau 15^{mm}, leurs bases 22-23^{mm}; à midi les anthères sont brun rosé et molles, elles sont brunes et élastiques à 18^{h}; la croissance des filets cesse tandis que celle du style continue et porte le stigmate hors du bouton; le lendemain à 6^{h} le bouton évasé large de 2 à 2^{cm}, 5 laisse écarter facilement les pétales et les anthères brun foncé se détachent sans difficulté; à 7^{h}, les anthères s'ouvrent vers la pointe par des fissures qui atteignent la base en une heure; à 10^{h} le pollen est à nu sur toute la surface des six étamines. Pendant ce temps les fleurs se sont épanouies graduellement, les filets se sont arqués portant les anthères vers le haut, le style s'est allongé et l'on note une distance de 2^{mm},8 à 3^{mm} entre les étamines et le stigmate saillant. Ces allongements, ces courbures peuvent être notées sur toutes les fleurs de toutes les plantes, avec un retard qui peut être de 6 heures par journée froide et pluvieuse, toujours moindre à l'ombre par temps sec; la régularité même des phénomènes indique qu'il s'agit ici de légères variations de turgescence en rapport avec le milieu.

Il en est tout autrement des plantes *Hemerocallis flava*. J'en ai une dizaine de touffes provenant de graines, les unes à floraison tardive, d'autres précoces; les unes à hampes fournies, d'autres à hampes grêles ne portant que quelques fleurs. L'irrégularité de la floraison est la règle; mais tout diffère d'une plante à l'autre dans les boutons, dans l'épanouissement, dans la durée même des fleurs. Chez *H. fulva*, le lendemain de l'anthèse, la fleur se fane sur un rythme toujours le même; les anthères deviennent visqueuses; le pollen est enrobé dans une sorte de glu qui forme manchon autour du style, tandis que les pétales visqueux aussi se roulent et se fripent autour du style toujours grêle et encore réceptif. Chez *H. flava*, la fleur ouverte est en entonnoir court plus évasé, les anthères sont en ordre dispersé par la croissance irrégulière des filets; souvent le style cesse de croître au niveau des anthères et l'autopollinisation suivie de fécondation est la règle; mais sur d'autres plantes le style dépasse les anthères ouvertes de plus de 1^{cm}; sur d'autres, il n'atteint la base des anthères que lorsque celles-ci commencent à s'ouvrir. La déhiscence des anthères est régulière pour une plante donnée et presque simultanée pour les fleurs à point d'une même touffe; entre deux touffes voisines dérivées de deux graines, il peut y avoir dans les intervalles d'ouverture des anthères des décalages de 6 heures et

même davantage par rapport à l'heure d'épanouissement des corolles. Des faits du même ordre, mais beaucoup plus désordonnés, ont lieu chez les descendants métis et hybrides, plus ou moins fertiles, entre *H. flava* L. et les races horticoles *Forsteri*, *Aurantiaca*, et aussi chez les hybrides nombreux mais à hérédité unilatérale de ces mêmes formes pollinisées par *H. fulva*.

J'ai obtenu près de 500 individus, provenant de graines, dans ces derniers essais, tous plus ou moins différents par les hampes, la taille des fleurs et même les coloris fondamentalement jaunes. Je n'ai obtenu que trois plantes à fleurs fauves d'un ton plus lavé, moins chaud que celui de l'*H. fulva*, deux à hampes très élevées, flexibles portant les fleurs sur des pédoncules allongés, minces et souples, désignés par les numéros matricules (6306) *a* et (5306) *c*, un à hampe basse épaisse à fleurs sur pédoncules épais, qui a fleuri en 1932, mais ne fleurira pas en 1933 peut-être par épuisement (0.903). Le pollen de (6306)*a* et de (0.903) agit nettement sur les ovaires de l'*H. fulva* jeunes et agés, détermine la production de fortes capsules qui jusqu'ici n'ont renfermé aucune bonne graine; le pollen de (6306) *c* n'a pas d'action notable; ces trois dérivés de l'*H. fulva*, qui en ont les traits les plus saillants sont les seules plantes qui provoquent la persistance et le gonflement prolongé des fruits de *H. fulva*; inversement j'obtiens facilement de bonnes graines par les combinaisons (6306)*a* × *fulva*, 0.903 × *fulva* et ainsi (6306)*a* × 0.906 et réciproque, aucune graine dans les combinaisons où intervient (6306)*c*. Un désordre caractéristique affecte les fleurs de cette dernière espèce qui se traduit pour toutes par des difficultés à l'ouverture, par l'irrégulière maturation des anthères par des bizarreries dans la dessiccation des pièces du périanthe et de l'androcée, tandis que les styles s'accroissent à l'intérieur du bouton, s'y coudent en Z par manque de place; et j'attribue pour partie la stérilité des ovaires de cette plante à l'extrême longueur du style dont les tissus jeunes ne cessent de croître.

Un phénomène, rencontré ailleurs chez des hybrides de Blé et d'Ægilopes, est aussi bien caractéristique de cette plante; les déformations résultent de la croissance continue des organes femelles alors que les organes mâles sont profondément altérés, ce qui explique parfaitement les désordres qui sont la règle dans tous mes hybrides entre espèces d'Œillets et dans les formes à sexualité intermédiaire des hybrides entre espèces d'Ancolies [1].

Pour les Hémerocalles comme pour les Lis la fécondation est possible

---

(1) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1871.

sur les hampes détachées et la fructification en est parfois facilitée. Cette circonstance qui tient à l'abondance des réserves nutritives accumulées dans les hampes florales permet de suivre, au laboratoire dans des conditions strictement comparables, l'évolution des boutons floraux et la diversité individuelle de la dichogamie. Toutefois les phénomènes sont moins marqués, présentent des phases moins saccadées que sur les plantes en place par journée ensoleillée, circonstance qui est évidemment en relation avec des différences dans les turgescences des tissus en maturation sexuelle.

En résumé, les espèces fécondes d'Hémerocalles présentent des *habitus* ou individualités biologiques variées, surtout divergents et parfois aberrants dans les hybrides entre variétés de souches différentes; ces variations dans la maturation des organes sexuels font un contraste marqué avec l'homogénéité et la régularité des processus observés sur différents lots de l'*Hemerocallis fulva* L., espèce qui est sans doute, en Europe, le morcellement d'un seul individu très ornemental et cultivé depuis plusieurs siècles.

ENTOMOLOGIE. — *Sur les papillons hétérocères de la tribu des Lonomiicæ, groupe terminal de la famille des Hémileucides.* Note de M. **E-L. Bouvier.**

J'achève actuellement l'étude des Hémileucides qui, dans le groupe des Saturnioïdes, constituent à eux seuls une famille aussi riche que les deux autres réunies, Syssphingides (déjà publiés) et Saturnides.

Dans les préliminaires d'un travail consacré à la première section des Hémileucides, j'ai montré que la seconde section de la famille se divise en deux sous-familles, Dirphiinés et Automérinés, que cette dernière sous-famille comprend trois tribus, Automéricés, Agliicés et Lonomiicés, enfin que cette troisième tribu est représentée par trois genres, *Perigopsis* Bouv., *Lonomia* Wkr et *Periga* Wkr, le premier séparé du troisième où l'on avait jusqu'alors réuni deux espèces très dissemblables, *oculata* Schs qui établit le passage aux Automéricés et devient le type du genre *Perigopsis*, *circumstans* Wkr qui semblait alors être l'unique espèce du genre *Periga* (*Ann. sc. nat. zool.* 10e série, XV, 1932, p. 383-386).

Poussant plus loin l'examen de cette tribu il ne m'a pas été difficile d'apercevoir que le genre *Lonomia* est tout anssi composite que l'était le genre *Periga*. Ce qui ne saurait surprendre étant donnés, d'une part le vague des diagnoses consacrés à ces genres, d'autre part la similitude extérieure

qu'ils présentent, au moins dans leurs formes en apparence les plus normales, *circumstans* pour *Periga*, pour *Lonomia*, *achelous* Cram, *electra* Drc, *carnica* Schs et *cynira* Cram, espèces caractérisées par la rayure externe de leurs ailes et par la présence, sur les antérieures, de deux points discaux dont l'un au moins est blanc.

Or, quand on étudie *achelous*, type du genre *Lonomia*, *electra* (= *concordia* Drc) et *carnica*, on constate que ces trois espèces sont toujours dépourvues de rayure interne sur les ailes postérieures et que l'armature sexuelle de leurs mâles se distingue par une grande simplicité : uncus (ou tergite du segment IX) sans annexes et simplement recourbé, claspers (ou appendices en pince du même segment) réduits à leur lobe latéral qui est étroit, obtus et muni sur sa face interne d'une petite griffe (que j'avais déjà signalée dans *concordia*), pénis en forme de bouclier.

Mais quand on étudie *cynira*, on se trouve en présence de caractères tout autres : d'abord, les ailes postérieures, chez le mâle au moins, sont ornées d'une forte rayure interne noire déjà vue et très bien figurée par Cramer [Pap. exot., II, Pl. 152*c* (♂), 1779], ensuite l'armature sexuelle est tout à fait remarquable par son étroit uncus infléchi en lame à bout tronqué, mais dominé par deux puissants lobes dorsaux lamelleux qui se fusionnent en pédoncule à leur base; les claspers sont encore simples, mais sans griffe aucune, fort allongés et rétrécis en arrière où ils se croisent en bout obtus au-dessus des lobes lamelleux; le pénis d'ailleurs se réduit à une petite colonne rectangulaire.

Les individus qui présentent ces caractères sont d'assez grande taille comme le ♂ figuré par Cramer, et c'est pourquoi je les considère comme de vrais *cynira*. Mais il en est d'autres, très semblables, où l'armature appartient au même type, toutefois avec le prolongement des claspers réduit à une courte massue, la portion infléchie de l'uncus bilobée à son bout libre et le pénis dépassé par deux petites épines; de toute évidence, il s'agit d'une espèce différente, d'ailleurs plus petite, que l'on peut appeler *subcynira* pour la rapprocher et la distinguer de la précédente. Dans *circumstans*, mêmes caractères des ailes, même réduction du pénis, également grande complexité de l'uncus; celui-ci présente d'ailleurs une toute autre conformation, son annexe dorsale a la forme d'une épine recourbée en arrière et sa partie médiane est flanquée à droite et à gauche d'une épine un peu moins infléchie et plus courte; les claspers sont d'ailleurs inermes comme dans *cynira* et *subcynira*, mais sans prolongement à leur bout postérieur qui est largement arrondi. Malgré ces traits

différents, les deux dernières espèces sont du même type que *circumstans*, et comme lui, appartiennent au genre *Periga;* nous ne sommes plus en présence du type *Lonomia :* ce que Draudt désigne et figure, dans le « Seitz », sous le nom de *Lonomia cynira*, n'est rien autre que le *Lonomia electra* de Druce.

Dès lors, la tribu des Lonomiicés me paraît diversifiée et composée comme il suit :

Perigopsis : avec petit ocelle sur les antérieures, sans rayure interne aux postérieures; uncus simple, claspers ayant un lobe latéral armé en dedans d'une puissante épine et flanqués d'un lobe ventral distinct; sternite VIII échancré d'*Automeris* et pénis du type automérien; deux espèces, *oculata* et *ferruginea* Drdt, cette dernière tenue par Draudt pour une variété d'*oculata*.

Lonomia : sans ocelle aux antérieures qui ont deux points discaux, sans rayure interne aux postérieures, uncus et claspers simples, ces derniers avec petite griffe interne; sternite VIII sans échancrure, pénis en bouclier; cinq espèces, *achelous*, *electra*, *carnica*, *submacula* Wkr et *diabolus* Drdt, je n'ai pu encore étudier l'armature sexuelle des deux dernières.

Periga : avec deux points discaux aux antérieures, une rayure interne aux postérieures chez le ♂, uncus avec des pièces annexes puissantes, claspers simples et sans armature; sternite VIII, sans échancrure, pénis étroit et réduit. Trois espèces : *circumstans*, *cynira* et *subcynira*.

Évidemment, *Perigopsis* est une forme de transition qui rattache la tribu aux Automéricés. Évidemment aussi, *Periga* et *Lonomia* sont voisins et paraissent l'être d'autant plus que leurs femelles semblent identiques; mais cette identité n'est sans doute qu'un leurre produit par un phénomène de convergence, car, pour les rayures et l'armature copulatrices, elle est loin de s'étendre aux mâles.

Aux trois genres précédents, il faut ajouter en quatrième le suivant dont j'ai trouvé le type parmi les récoltes effectuées au Tumac-Humac par mon regretté ami Geay. Il s'agit d'un exemplaire mâle qui a la taille réduite et les ailes antérieures aiguës des *Perigopsis*, mais sans la rayure interne anguleuse de ces derniers et, au lieu de la tache discale ocelliforme, deux tout petits points discaux; les claspers et le pénis sont du même type, et le sternite VIII présente une échancrure encore plus profonde. C'est, à coup sûr, une forme voisine des *Perigopsis* et présentant comme eux des affinités automériennes, mais avec un sternite X tout autre, armé de deux longues épines et non en triangle obtus; par ses antennes bipectinées et ce sternite,

elle s'apparente à *Prohylesia friburgensis* Schaus, alors que son faciès la fait ressembler aux Dirphiens du genre *Ancistrota*, d'où le nom de *Parancistrota* que je propose pour ce nouveau genre, dont le type unique sera le *P. Geayi*.

M. E.-L. **Bouvier** fait hommage à l'Académie de deux Mémoires : *Étude des Saturnioïdes normaux. Famille des Syssphingidés* et *Étude des Saturnioïdes normaux. Famille des Hémileucidés*. 1re Partie : *Généralités et section des Hémileucites*.

M. **Léon Guillet** fait hommage de la deuxième édition de son livre : *Méthodes d'études des alliages métalliques*.

Ce volume, singulièrement développé, envisage les questions nouvelles, notamment les essais de corrosion, les essais lents de traction et la viscosité, le vieillissement des produits métallurgiques, les essais de fatigue, etc.

M. **Henri Jumelle** fait hommage à l'Académie d'un travail intitulé *La variation phanérogamique du Spitsberg*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Associé étranger, en remplacement de M. *A. Michelson* décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 50,

M. Albert Einstein	obtient...........	34	suffrages
M. Ch.-Ed. Guillaume	»	6	»
M. H. F. Osborn	»	4	»
M. T. H. Morgan	»	3	»
M. S. Ramon Cajal	»	1	»

Il y a 2 bulletins blancs.

M. **Albert Einstein**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de candidats au poste de Directeur de l'*Observatoire de Lyon*.

(Renvoi à la Division des Sciences mathématiques.)

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Rapport général sur les Nivellements de précision exécutés pendant les six années* 1924 *à* 1929 *dans les pays adhérents à l'Union géodésique et géophysique internationale*, par Jean Vignal. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

2° *Leçons sur les Fondations univalentes ou multivalentes*, par Paul Montel, recueillies et rédigées par F. Marty avec une Note de Henri Cartan. (Présenté par M. E. Borel.)

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Le problème de la répartition.* Note de M. **Edgar Baticle**, présentée par M. Émile Borel.

J'appelle problème de la répartition celui qui consiste à rechercher la probabilité que k solutions de l'équation

$$x_1 + x_2 + \ldots + x_n = a$$

sont supérieures à une quantité $\alpha a\,(\alpha < 1)$.

Au lieu de variables continues, j'envisagerai d'abord m objets, et je chercherai la probabilité ϖ_k^p pour que, ces m objets étant répartis en n lots, k de ces lots contiennent plus de p objets.

Le nombre total de groupements possibles en n lots est C_{m-1}^{n-1}, puisque, si les m objets sont alignés, il y a C_{m-1}^{n-1} manières de placer $n-1$ séparations dans les $m-1$ intervalles.

Si j'isole k fois p objets, je peux faire avec les $m-kp$ objets restants C_{m-kp-1}^{n-1} groupements en n lots et je peux associer chaque lot avec chacun des k lots, réservés, de p objets, de façon à avoir $C_n^k C_{m-kp-1}^{n-1}$ groupements qui ont ainsi plus de p objets chacun.

Mais tous ces groupements ne sont pas distincts. Si j'appelle

$$X_k, \quad X_{k+1}, \quad X_{k+2}, \quad \ldots$$

les nombres respectifs de groupements distincts où il y a k, $k+1$, $k+2$, ... lots de plus de p objets, on se rend aisément compte que, dans les groupements obtenus de la manière indiquée ci-dessus, un groupement où $k+u$ lots ont plus de p objets se retrouve $C^k_{k+u}X_{k+u}$ fois. Il en résulte que l'on a l'équation

$$C^k_n C^{n-1}_{m-kp-1} = X_k + C^k_{k+1}X_{k+1} + C^k_{k+2}X_{k+2} + C^k_{k+3}X_{k+3} + \ldots.$$

On aurait de même

$$C^{k+1}_n C^{n-1}_{m-(k+1)p-1} = X_{k+1} + C^{k+1}_{k+2}X_{k+2} + C^{k+1}_{k+3}X_{k+3} + \ldots,$$

et ainsi de suite.

La résolution du système d'équations ainsi obtenu est immédiate.

Les équations donnant les probabilités ϖ^k_p, ϖ^p_{k+1}, ... se déduisent des précédentes en divisant les deux membres de chacune d'elles par C^{n-1}_{m-1}.

Pour passer aux variables continues, il suffit de remarquer que la valeur asymptotique de $C^{n-1}_{m-(k+u)p-1} : C^{n-1}_{m-1}$, où l'on fait $p=\alpha m$, et où m tend vers l'infini, est $[1-(k+u)\alpha]^{n-1}$. De sorte que le système d'équations donnant les probabilités ϖ^α_k, ϖ^α_{k+1}, ϖ^α_{k+2}, ... d'avoir k, $k+1$, $k+2$, ... variables supérieures à αa est le suivant :

$$(1)\quad \begin{cases} C^k_n(1-k\alpha)^{n-1} = \varpi^\alpha_{k+1} C^k_{k+1}\varpi^\alpha_{k+1} + C^k_{k+2}\varpi^\alpha_{k+2} + \ldots, \\ C^{k-1}_n[1-(k+1)\alpha]^{n-1} = \varpi^\alpha_{k+1} + C^{k+1}_{k+2}\varpi^\alpha_{k+2} + \ldots, \\ C^{k+2}_n[1-(k+2)\alpha]^{n-1} = \varpi^\alpha_{k+2} + \ldots, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{cases}$$

Les résultats ci-dessus trouvent évidemment leur application en statistique (distribution des richesses, débits des cours d'eau, etc.). On remarquera, à ce sujet, que ce qu'il faut calculer, pour les comparer aux résultats expérimentaux, ce sont les valeurs moyennes, ou probables, $\bar{k}$, des nombres k, c'est-à-dire $\Sigma k\varpi^\alpha_k$, k prenant toutes les valeurs possibles de 1 à n. Or, cette expression n'est autre que le second membre de la première équation du système (1), où l'on ferait $k=1$; on a donc $\bar{k}=n(1-\alpha)^{n-1}$. C'est là ce qu'on peut appeler la formule de la *répartition normale*.

On peut remarquer que si dans la formule $\bar{k}=n(1-\alpha)^{n-1}$, on pose $\alpha=x/n\mu$, μ étant la moyenne arithmétique des variables éventuelles, et $y=\bar{k}/n$, on aura, pour n très grand, $y=e^{-x/\mu}$, ou $x=-\mu\log y$: *la grandeur x est proportionnelle au logarithme changé de signe de sa fréquence relative*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'équivalence de deux méthodes de réduction du problème plan biharmonique à une équation intégrale.* Note [1] de MM. **V. Fock** et **N. Muschelišvili.**

M. V. Fock [2] a réduit le premier problème [3] d'élasticité à deux dimensions (ou ce qui revient en substance au même le problème biharmonique) à une équation intégrale de Fredholm (à noyau réel et régulier) pour la valeur du laplacien de la fonction biharmonique sur le contour; la théorie a été développée en russe [4].

Récemment, M. Muschelišvili [5] a donné la solution du premier et du deuxième problème en les réduisant aux équations intégrales complexes par un procédé différent de celui de M. Fock.

Nous allons montrer que l'équation intégrale obtenue par M. Muschelišvili pour le premier problème n'est qu'une combinaison linéaire des équations établies par M. Fock.

Soit $x + iy = z = f(\zeta)$ la fonction définissant la transformation conforme du domaine donné dans le plan z sur l'intérieur du cercle $|\zeta| = 1$ du plan ζ. Désignons par u le laplacien (par rapport aux variables x, y) de la fonction biharmonique cherchée χ et par $w(\zeta) = u + iv$ la fonction holomorphe dont la partie réelle est u. Posons

$$f(e^{is}) = f_s, \qquad w(e^{is}) = w_s = u_s + iv_s, \qquad w(0) = \overline{\overline{u}} + i\overline{\overline{v}} = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} (u_s + iv_s)\, ds,$$

la lettre s désignant l'arc du cercle $|\zeta| = 1$. Écrivons la formule (3) de la Note de M. Fock

$$\text{(1)} \qquad \frac{i}{2\pi}\int_0^{2\pi} \frac{\partial}{\partial s}\left[\cot\frac{s-\sigma}{2}(f_\sigma - f_s)\right] u_\sigma\, d\sigma + (w_s - i\overline{\overline{v}})\frac{df_s}{ds} = \Psi_s$$

et celle qu'on obtient de celle-ci par le procédé indiqué dans la même Note,

---

[1] Séance du 12 juin 1933.

[2] V. Fock, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 264.

[3] Par le premier problème nous entendons le problème relatif au cas où l'on suppose données les tensions périphériques. Le problème relatif au cas où l'on suppose données les déplacements périphériques sera dit le deuxième problème.

[4] V. Fock, *Journal de la Soc. physico-chimique russe*, 58, 1926, p. 11.

[5] N. Muschelišvili, *Mathematische Annalen*, 107, 1932, p. 282. Un résumé de ce article est publié dans les *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 77 et 221.

c'est-à-dire en y remplaçant, sous le signe $\int$, u_σ par $-iv_\sigma$ et en ajoutant au premier membre $(\overline{\overline{u}}+i\overline{\overline{v}})\,df_s/ds$,

$$\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\frac{\partial}{\partial s}\left[\cot\frac{s-\sigma}{2}(f_\sigma-f_s)\right]v_\sigma\,d\sigma+(w_s+\overline{\overline{u}})\frac{df_s}{ds}=\Psi_s. \tag{2}$$

Dans ces formules, la fonction $\Psi_s=\Psi(e^{is})$ qui figure au second membre est la valeur sur le cercle de la fonction holomorphe

$$\Psi(\zeta)=\frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi}\frac{e^{i\sigma}+\zeta}{e^{i\sigma}-\zeta}\frac{d}{d\sigma}\left(\frac{\partial\chi}{\partial x}+i\frac{\partial\chi}{\partial y}\right)d\sigma,\qquad \Psi(0)=0, \tag{3}$$

de sorte que Ψ_s se calcule aisément, les dérivées $\partial\chi/\partial x$ et $\partial\chi/\partial y$ étant données sur le contour.

Formons la demi-somme de (1) et (2) et remplaçons-y la cotangente par son expression

$$\cot\frac{s-\sigma}{2}=\frac{2ie^{i\sigma}}{e^{is}-e^{i\sigma}}+i. \tag{4}$$

Nous obtenons

$$\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\frac{\partial}{\partial s}\left[\frac{e^{i\sigma}(f_s-f_\sigma)}{e^{is}-e^{i\sigma}}\right]\overline{w}_\sigma\,d\sigma+w_s\frac{df_s}{ds}+\overline{w}(0)\frac{df_s}{ds}=\Psi_s. \tag{5}$$

Cette équation (multipliée par $-1/4\,ie^{-is}$) ne diffère que par les notations de l'équation (46) de l'article de M. Muschelišvili; les différentes notations sont résumées dans le tableau suivant :

Muschelišvili...........	U	$\omega(\zeta)$	$\varphi'(\zeta)$	$\Lambda'(\zeta)$	k	σ	σ_0
Fock..................	χ	$f(\zeta)$	$\frac{1}{4}f'(\zeta)w(\zeta)$	$-\frac{i}{4\zeta}\Psi(\zeta)$	$\frac{1}{4}\overline{w}(0)$	$e^{i\sigma}$	e^{is}

Remarquons que, dans la Note de M. Fock, les équations (1) et (2) ont été réduites à *une seule* équation de Fredholm (pour u_s) à noyau réel, tandis que l'équation intégrale complexe (5) du Mémoire de M. Muschelišvili est équivalente à un *système* d'équations de Fredholm. La forme complexe de l'équation intégrale, en apparence plus compliquée, peut néanmoins être très utile dans les applications.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'intégrale d'une fonction holomorphe à partie réelle positive.* Note [1] de M. **Julius Wolff**, transmise par M. Émile Borel.

Soit $f(z)=f(x+yi)=u(z)+iv(z)$ holomorphe et à partie réelle $u(z)$ positive dans le demi-plan $D(x>0)$.

Posons

$$(1)\qquad F(z)=\int_1^z f(t)\,dt=\varphi(z)+i\psi(z).$$

Dans la présente Note, nous démontrerons une propriété de la fonction $\psi(z)$, partie imaginaire de $F(z)$.

Si la dérivée angulaire de $f(z)$ à l'infini est égale à zéro, le quotient $\psi(z)/z^2$ tend vers zéro quand z tend vers l'infini d'une manière quelconque.

Partons de l'inégalité

$$\int_{-\infty}^{\infty}\frac{u(x+yi)}{a^2+y^2}\,dy\leqq\frac{\pi u(x+a)}{a}\quad [2],$$

valable pour $x>0$, $a>0$, et qui peut s'écrire

$$(2)\qquad \int_{-\infty}^{\infty}\frac{d\psi(x+yi)}{a^2+y^2}\leqq\frac{\pi u(x+a)}{a}.$$

Il en résulte que, quel que soit $\eta\geqq 0$, on a

$$\frac{\psi(x+\eta i)-\psi(x-\eta i)}{a^2+\eta^2}\leqq\int_{-\eta}^{\eta}\frac{d\psi(x+yi)}{a^2+y^2}\leqq\frac{\pi u(x+a)}{a},$$

d'où

$$(3)\qquad 0<\frac{\psi(x+yi)-\psi(x)}{a^2+y^2}\leqq\frac{\pi u(x+a)}{a}$$

et

$$(4)\qquad 0<\frac{\psi(x)-\psi(x-yi)}{a^2+y^2}\leqq\frac{\pi u(x+a)}{a}$$

pour $x>0$ et $y\geqq 0$.

---

[1] Séance du 12 juin 1933.

[2] J. Wolff et F. de Kok, *Les fonctions holomorphes à partie réelle positive et l'intégrale de Stieltjes* (*Bulletin de la Société mathématique de France*, 60, 1932, p. 222).

La dérivée angulaire de $f(z)$ à l'infini étant égale à zéro, on a, pour $x \to \infty$,

$$u(x) = o(x), \qquad v(x) = o(x),$$

donc

$$\psi(x) = o(x^2).$$

Donnons-nous un nombre $\varepsilon > 0$. Déterminons un nombre $A > 0$ tel que, pour $x > A$,

$$\frac{u(x)}{x} < \varepsilon \quad \text{et} \quad \frac{|\psi(x)|}{x^2} < \varepsilon.$$

Posons $a = x$ dans (3) et (4). Nous trouvons que pour $x > A$ et y quelconque

$$\left| \frac{\psi(x+yi)}{x^2+y^2} \right| < \varepsilon + 2\pi\varepsilon. \tag{5}$$

Pour $0 < x \leqq A$ la fonction $\psi(x)$ est bornée : $|\psi(x)| < \mathfrak{M}$ (1). Posons $a = A$ dans (3) et (4). Nous trouvons que pour $0 < x \leqq A$, y quelconque

$$\left| \frac{\psi(x+yi)}{x^2+y^2} \right| < \frac{\mathfrak{M}}{x^2+y^2} + \frac{\pi\, u(x+A)}{A} \frac{A^2+y^2}{x^2+y^2}.$$

Or, le quotient $u(x)/x$ décroît quand x croît, donc

$$\frac{u(x+A)}{A} = \frac{u(x+A)}{x+A}\,\frac{x+A}{A} \leqq 2\,\frac{u(A)}{A} \leqq 2\varepsilon.$$

Nous obtenons ainsi que pour $0 < x \leqq A$, y quelconque

$$\left| \frac{\psi(x+yi)}{x^2+y^2} \right| < \frac{\mathfrak{M}}{y^2} + 2\pi\varepsilon\left(1 + \frac{A^2}{y^2}\right). \tag{6}$$

Les inégalités (5) et (6) démontrent la proposition.

Remarque. — Si la dérivée λ de $f(z)$ à l'infini est positive la considération de $f(z) - \lambda z$ conduit à

$$\lim_{z \to \infty} \frac{\psi(z) - 2\lambda xy}{x^2+y^2} = 0,$$

quelle que soit la manière dont z tend vers l'infini.

---

(1) *Loc. cit.*, p. 2:3.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une propriété de certaines séries de Fourier.* Note de M. **Raphael Salem**, présentée par M. Émile Borel.

Nous nous proposons d'indiquer une condition nécessaire à laquelle doivent satisfaire les coefficients a_n, b_n, d'une série de Fourier telle que *toutes* les séries obtenues en changeant arbitrairement les signes de ces coefficients soient encore des séries de Fourier ([1]). Prenons, pour simplifier, une série de cosinus : tous nos résultats s'appliquent sans changement aux séries de sinus.

Supposons que la série $\sum_1^\infty a_n \cos nx$ réponde à la question. Soit

$$\Sigma \alpha_n \cos nx + \beta_n \sin nx$$

la série de Fourier d'une fonction $\varphi(x)$ bornée et sommable, et soit $\bar{a}_i$ tel que $|\bar{a}_i| = |a_i|$ et $\bar{a}_i \alpha_i \geqq 0$. Par hypothèse, $\Sigma \bar{a}_n \cos nx$ est la série de Fourier d'une certaine fonction $f(x)$. On sait alors ([2]) que la série $\Sigma \bar{a}_n \alpha_n$ est sommable par le procédé de la moyenne arithmétique et a pour somme $1/\pi \int_0^{2\pi} f\varphi\, dx$. Or c'est une série à termes positifs. Elle est donc convergente. Ainsi, quelle que soit la fonction $\varphi(x)$ bornée et sommable, $|\Sigma a_n \alpha_n|$ converge.

Cela posé, considérons l'ensemble des séries $f(x) \sim \Sigma \varepsilon_n a_n \cos nx$ où les ε_i sont égaux à ± 1, et soit

$$\xi = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(1+\varepsilon_n)}{3^n};$$

à chaque série correspond un nombre ξ faisant partie d'un certain ensemble parfait X contenu dans $(0, 1)$; et à chaque nombre ξ faisant partie de cet ensemble correspond une série $f_\xi(x)$ et une seule. A deux valeurs suffisamment voisines de ξ, prises dans X, correspondent deux séries telles que les n premiers ε_i sont identiques pour ces deux séries, n étant aussi grand qu'on veut si les deux valeurs de ξ sont suffisamment voisines.

([1]) Nous appelons, avec M. Lebesgue, série de Fourier une série trigonométrique dont les coefficients sont donnés par les formules de Fourier appliquées à une fonction *sommable*.

([2]) Cf. Hobson, *The theory of functions of a real variable and the theory of Fourier's series*, Cambridge, University Press, 1926, p. 578, § 380.

Or, quand n croît indéfiniment, $\dfrac{\sum_1^n a_p^2 \cos^2\omega_p}{\log n \sum_1^n a_p^2}$ et $\dfrac{\sum_1^n a_p^2 \sin^2\omega_p}{\log n \sum_1^n a_p^2}$ tendent vers zéro; il en est donc de même, d'après ce qui précède, de $\dfrac{\sum_1^n a_p^2 |\cos\omega_p|}{\sqrt{\log n \sum_1^n a_p^2}}$ et de $\dfrac{\sum_1^n a_p^2 |\sin\omega_p|}{\sqrt{\log n \sum_1^n a_p^2}}$; et, comme $|\cos\omega_p| + |\sin\omega_p|$ est supérieur à 1, on a, en employant une notation connue,

$$a_1^2 + a_2^2 + \ldots + a_n^2 = o(\log m).$$

En se reportant à notre précédente Note, on verrait qu'on peut remplacer $\log n$ par $\log[(a_1^2 + \ldots + n^2 a_n^2)/(a_1^2 + \ldots + a_n^2)]$. Si l'on parvenait à établir l'existence de la constante absolue D dont il est question dans cette Note, notre raisonnement prouverait la convergence de Σa_n^2 : seules les séries de Fourier de carré sommable jouiraient alors de la propriété énoncée.

Soit ξ_0 fixe dans X; quand ξ (de X) tend vers ξ_0, l'intégrale

$$\frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} [f_\xi(x) - f_{\xi_0}(x)]\,\varphi(x)\,dx = (\varepsilon_{n+1}\, a_{n+1}\, \alpha_{n+1} + \ldots) - (\varepsilon_{n+1}^0\, a_{n+1}\, \alpha_{n+1} + \ldots)$$

tend vers zéro *quelle que soit* $\varphi(x)$ *bornée et sommable*, puisque la série $\Sigma | a_n \alpha_n |$ converge. On en déduit aisément, tenant compte de ce que X est parfait, et en appliquant un théorème de M. Lebesgue sur les intégrales singulières ([1]) que $\int_0^{2\pi} |f_\xi(x)|\,dx$ est bornée supérieurement, uniformément quel que soit ξ et que $\int_E |f_\xi(x)|\,dx$ tend vers zéro avec la mesure de l'ensemble E, uniformément quel que soit ξ.

([1]) Cf. *Ann. Fac. Sc. Toulouse*, 3e série, 1, 1909, p. 57.

Dans ces conditions, il est facile de montrer [1] que $\sum_1^\infty |a_n \alpha_n|$ est uniformément bornée et tend uniformément vers zéro avec $\sum_1^\infty \alpha_n^2$ quelle que soit la fonction $\varphi(x)$ bornée et sommable, telle seulement que $|\varphi(x)|$ ne dépasse pas une constante C.

Cela étant, nous avons montré dans une précédente Note [2] que, quels que soient les r_p, on peut déterminer des ω_p tels que, pour toute valeur de x, on ait

$$\left|\sum_1^n r_p\, e^{pix+i\omega_p}\right| < C\sqrt{\log n}\sqrt{\sum_1^n r_p^2},$$

C étant une constante absolue. Il existe donc des ω_p tels que, quel que soit x,

$$\left|\frac{\sum_1^n a_p \cos\omega_p \cos px}{\sqrt{\log n \sum_1^n a_p^2}}\right| < C, \qquad \left|\frac{\sum_1^n a_p \sin\omega_p \cos px}{\sqrt{\log n \sum_1^n a_p^2}}\right| < C.$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur le prolongement des fonctions monogènes uniformes.* Note de M. **Alexandre Ghika**, présentée par M. Émile Borel.

Dans une Note [3] précédente, nous avons donné une définition plus générale, en quelque sorte, des fonctions monogènes uniformes de M. Borel, ainsi qu'une représentation analytique nouvelle par des séries de certaines fractions rationnelles.

Nous avons encore étendu cette définition en généralisant le domaine de monogénéité D et le domaine réduit Δ, les résultats de la Note, précédemment citée, subsistant avec cette nouvelle définition.

A cet effet, nous avons utilisé, comme domaine de monogénéité D, un ensemble parfait de points d'une région bornée du plan, en excluant de

---

(1) Cf. Salem, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 144.
(2) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1776.
(3) Al. Ghika, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 483.

cette région les points intérieurs, au sens strict, à une infinité dénombrable de cercles c_n ne se coupant pas deux à deux, dont les centres forment un ensemble dense, au moins dans une certaine aire et de rayon r_n vérifiant les inégalités

$$\frac{r'_n}{2^{p+1}} < r_n < \frac{r'_n}{2^p} \qquad \text{et} \qquad \frac{1}{\rho'_n} < \log \frac{1}{r'_n}$$

avec

$$\sum_{n=k+1}^{+\infty} \frac{\rho'_n}{1} < \frac{1}{4} \frac{1}{\rho_k}$$

quel que soit k.

Le domaine réduit Δ du domaine D est défini au moyen des quantités ρ_n, comme D au moyen des r_n (cercles concentriques), les quantités ρ_n vérifiant les inégalités

$$\frac{\rho'_n}{2^{p+1}} < \rho_n < \frac{\rho'_n}{2^p},$$

p étant un nombre fixe.

Ces domaines sont plus généraux, respectivement, que les domaines employés par M. Borel.

Considérons la suite double de fonctions

$$\varphi_n(z); \qquad \frac{1}{(z-a_0)^{n+1}} \quad (n = 0, 1, 2, 3, \ldots),$$

où $\varphi_n(z)$ est le système de fractions rationnelles orthogonales et normales le long de la frontière C de D, *complet par rapport à l'ensemble des fonctions monogènes uniformes relativement à* D (suivant notre définition) et a_0 un point quelconque de Δ. En orthogonalisant et normalisant cette suite le long de C, on obtient le système double de fonctions $\varphi_n(z)$; $\psi_n(z)$ que nous avons démontré être *complet par rapport à l'ensemble des fonctions de carré de module sommable le long de* C.

Les fonctions $\psi_n(z)$ sont de la forme

$$\psi_n(z) \sim \sum_{i=0}^{+\infty} \psi_{ni} \varphi_i(z) + \sum_{k=0}^{n} p_{nk} \frac{1}{(z-a_0)^{k+1}}.$$

Nous avons démontré que *toute fonction monogène uniforme* (suivant notre définition) *est représentable par une série de la forme*

$$f(x) = \sum_{n=0}^{+\infty} f_n^* \int_c \frac{\overline{\psi_n(z)}}{z-x} ds \qquad (ds = |dz|),$$

$\overline{\psi_n(z)}$ désignant la quantité imaginaire conjuguée de $\psi_n(z)$, *convergeant absolument et uniformément sur* 1 et où

$$f_n^\star = 2\pi i \sum_{k=0}^{n} p_{nk} \frac{f^{(k)}(a_0)}{k!}.$$

Enfin nous avons montré qu'*étant donnée une suite de quantités* c_k *pour qu'il existe une fonction monogène uniforme relativement à* D, suivant notre définition (de carré de module sommable le long de c) *et telle que*

$$c_k = \frac{f^{(k)}(a_0)}{k!} \qquad (k = 0, 1, 2, 3, \ldots; 0! = 1),$$

il faut et il suffit que la série

$$\sum_{n=0}^{+\infty} \left| \sum_{k=0}^{n} p_{nk} c_k \right|^2$$

soit convergente.

Cette condition de prolongement des fonctions monogènes uniformes est identique à une condition nécessaire et suffisante de prolongement, que nous avons trouvée antérieurement, pour les fonctions holomorphes à l'intérieur d'un domaine d'un seul tenant à connexion d'ordre multiple fini (et de carré de module sommable le long du contour).

Cela constitue donc une nouvelle analogie entre les fonctions monogènes uniformes et les fonctions holomorphes.

MÉCANIQUE QUANTIQUE. — *Sur deux particularités des Mécaniques dans un espace de fonctions d'ondes* (Ψ) : I. *Le principe d'Hamilton dans la Mécanique ponctuelle* (Ψ); II. *Les bases de la méthode de l'Hyperquantification.* Note de M. **Jean-Louis Destouches**, présentée par M. Louis de Broglie.

Poursuivant l'étude des Mécaniques abstraites, nous allons indiquer ici deux résultats que nous avons obtenus et que nous développerons ailleurs.

I. *Fonction de Lagrange et principe d'Hamilton de la Mécanique* (Ψ). — Les théorèmes de Dirac-Fock, que nous avons pu mettre sous une forme générale, nous permettent d'abord d'énoncer que toute Mécanique ondulatoire est équivalente à une Mécanique ponctuelle de l'espace des fonctions d'ondes dont les mouvements satisfont à des équations canoniques avec une

fonction hamiltonienne de la forme

$$F = \frac{2\pi i}{h} \sum K_{rs} x_s p_r,$$

x_s étant la $s^{\text{ième}}$ composante de Ψ dans un système de base $\{\varphi_s\}$. Si nous désignons par $\vec{v}_{rel}$ la vitesse du point M (défini par $\overrightarrow{OM} = \Psi$) par rapport au système des $\{\varphi_s\}$, nous déduisons des équations canoniques :

$$F = \frac{h}{2\pi i}(\Psi . \vec{v}_{rel}).$$

Par analogie avec la Mécanique classique nous devons chercher à faire dériver les équations de la Mécanique (Ψ) d'un principe d'Hamilton. Si $\mathcal{L}$ est la fonction de Lagrange, on devra avoir

$$F = \sum_r p_r y'_r - \mathcal{L}(\ldots y_j \ldots ; \ldots y'_j \ldots ; t).$$

Nous trouvons comme expression de la fonction $\mathcal{L}$

$$\mathcal{L} = \sum_r y_r^* \left(\frac{h}{2\pi i} y'_r - \sum_s K_{rs} y_s \right)$$

et nous pouvons alors énoncer le théorème suivant :

Le mouvement du point M *défini par* $\overrightarrow{OM} = \Psi(t)$ *entre les instants* t_0 *et* t_1 *est caractérisé par le fait que l'intégrale* $\int_{t_0}^{t_1} \mathcal{L}\, dt$ *est stationnaire.*

En effet, après une transformation classique nous arrivons à

$$\delta \int_{t_0}^{t_1} \mathcal{L}\, dt = \int_{t_1}^{t_0} \left\{ \sum_r \left[\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial y_r} - \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial y'_r} \right) \right] \delta y_r + \sum_r \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial y_r^*} \delta y_r^* \right\} dt.$$

Pour que l'intégrale soit stationnaire, il faut que chaque coefficient des δy_r et δy_r^* soit nul. Les équations de Lagrange expriment qu'il en est ainsi pour ceux des δy_r; elles sont identiques aux équations données par le premier théorème de Dirac-Fock. Alors les coefficients des δy_r^* sont nuls, les conditions $\partial \mathcal{L} / \partial y_r^* = 0$ donnant les conjuguées des équations de Lagrange. En outre, on constate que la fonction $\mathcal{L}$ est constamment égale à zéro.

Ainsi, pour définir l'évolution d'un ensemble mécanique, on peut partir, au lieu de l'équation d'ondes habituelle, d'un principe d'Hamilton pour la Mécanique ponctuelle de l'espace des fonctions d'ondes. Ce second point de vue est peut-être plus général, car on peut penser pouvoir définir une fonc-

tion $\mathcal{L}$ même dans des cas où l'on ne pourrait plus caractériser l'évolution d'un ensemble mécanique par un opérateur **H**.

II. *Principes de la méthode de l'hyperquantification.* — Comme nous l'avons démontré précédemment (¹), l'équation de Jacobi de la mécanique ponctuelle (Ψ) et l'équation d'ondes de la mécanique ondulatoire (Ψ) sont identiques. C'est ce qui justifie en partie la Superquantification. Mais cette équation d'ondes peut être utilisée dans un autre sens, et former la base d'une méthode que nous désignerons sous le nom d'*hyperquantification*.

Si la position initiale du point M de l'espace (Ψ), c'est-à-dire la fonction d'ondes initiale, n'est connue qu'avec une certaine probabilité, il en sera de même à tout instant. A l'ensemble des mouvements possibles correspond un ensemble de solutions de l'équation de Jacobi. L'identité des équations d'ondes et de Jacobi suggère de transformer le problème. Au lieu des mouvements ponctuels, on considérera une fonction d'ondes qui, par un principe analogue au principe des interférences, donnera à chaque instant la probabilité des positions du point M, c'est-à-dire la probabilité des états. Cette transformation est correcte en vertu de l'identité des équations fondamentales. C'est en cela que consiste l'hyperquantification.

Des difficultés surgissent pour parvenir à définir des probabilités de présence dans l'espace (Ψ), qui est un espace de Hilbert, et à généraliser la notion de norme. Nous pensons être parvenu à les surmonter dans l'étude de notre problème en considérant d'abord les coordonnées des points M éventuels exprimés en fonction de n paramètres à partir desquels la densité de probabilité initiale $p_0(M)$ est exprimée. Ce cas revient à supposer M initialement sur une multiplicité à n dimensions. Il est facile alors de définir une fonction χ solution de l'équation d'ondes telle qu'à l'instant initial $\chi_0\chi_0^*$ soit égal à la fonction $p(M)$. En particulier, on peut prendre comme paramètres les n premières coordonnées initiales de M qu'on peut supposer réelles et positives, l'expérience n'en déterminant que les modules. Faisant alors croître n indéfiniment par passage à la limite, on définira la norme et les probabilités de présence en fonction des $\aleph_0$ coordonnées initiales.

Cette nouvelle méthode que nous venons d'ébaucher ici nous semble devoir être utile pour l'étude de tous les problèmes où la fonction d'ondes initiale n'est connue qu'avec une certaine probabilité, par suite d'une mesure, soit incomplète, soit imprécise.

(¹) J.-L. Destouches, *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 1374, et **196**, 1933, p. 529.

MÉCANIQUE DES FLUIDES EXPÉRIMENTALE. — *Les mouvements hydrodynamiques dans un tunnel plat : mesure des vitesses, périodicités.* Note (¹) de M. **Alexandre Favre**, présentée par M. Henri Villat.

Nous utilisons la cuve hydrodynamique, système de M. Toussaint, installée à Marseille par M. Valensi (²). Pour mesurer les vitesses, en mouvement stationnaire, sur les spectres (photographiés au 10^{-6} sec) nous faisons vibrer la rampe distributrice des filets colorés, avec une fréquence de 100 p/sec. Marey a employé cette méthode avec des filets de fumée dans l'air, pour des paramètres de Reynolds $R \sim 300$. Nous avons pu obtenir des spectres ainsi perturbés périodiquement pour $R \sim 135000$ (cylindre). La longueur d'onde, en mouvement stationnaire, est proportionnelle à la vitesse du filet coloré en un point de cette longueur; un calcul facile permet de le montrer, d'ailleurs le spectre stroboscopé en synchronisme a l'apparence de l'immobilité (³).

Nous avons cherché à déterminer dans quelle mesure la vitesse du fluide coloré représente celle du fluide ambiant. Il semble que s'il existe une vitesse relative V_r des filets colorés par rapport au fluide ambiant, elle doit dépendre essentiellement de la vitesse relative initiale V_{r_0} (normalement de l'ordre de 10 cm/sec); nous avons fait varier ce paramètre de 8 à 37 cm/sec, et les spectres ne décèlent aucune variation systématique des longueurs d'ondes. Nous croyons donc pouvoir admettre que, dans l'intervalle utilisé, les filets colorés sont entraînés à une vitesse très voisine de celle du fluide ambiant, la vitesse relative étant, par l'effet de la viscosité, rapidement négligeable par rapport à la vitesse du courant (⁴). Nous avons ainsi déterminé la répartition des vitesses, horizontalement, dans le canal sans obstacle (*fig.* 2) (⁵).

D'autre part, nous avons observé que l'amplitude des périodicités croît

---

(¹) Séance du 19 juin 1933.

(²) *Comptes rendus* 195, 1932, p. 244.

(³) Avec des photographies prises à intervalles de temps connus on peut, en mouvement non stationnaire, déterminer les trajectoires et les vitesses grâce aux périodicités.

(⁴) Cependant au voisinage de la rampe les variations de V_{r_0} ont une influence sur les longueurs d'ondes, d'où un déphasage des périodicités.

(⁵) La perturbation visible dans la région $x = 30$, $z = 2$ est due à la zone tourbillonnaire voisine de la paroi latérale du canal $z = 0$.

avec le diamètre des orifices de la rampe, avec le débit des filets, et diminue

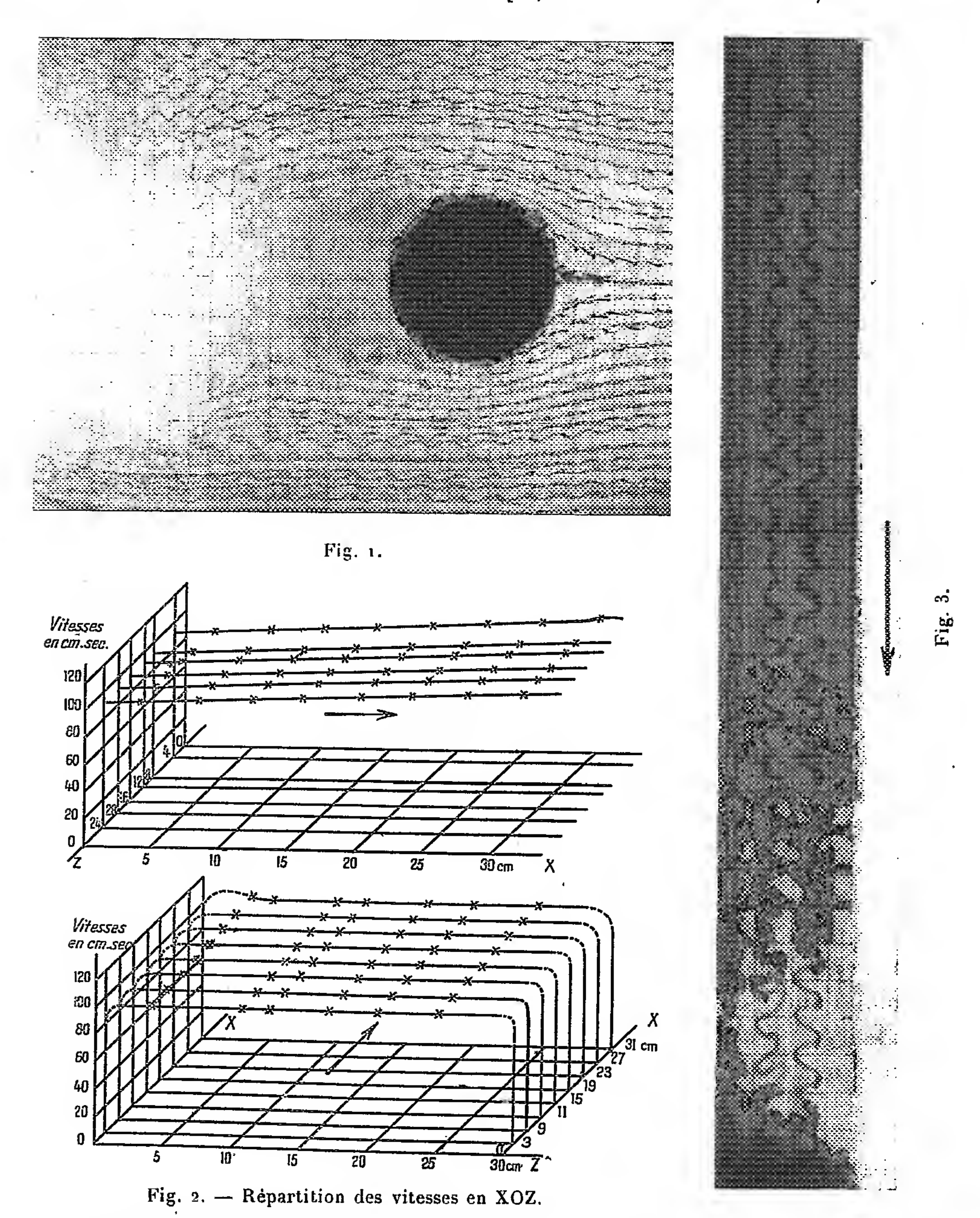


Fig. 1.

Fig. 2. — Répartition des vitesses en XOZ.

Fig. 3.

lorsque la vitesse générale du courant augmente. On peut en donner une explication approchée : négligeons l'amplitude de vibration de la rampe

(quelques dixièmes de millimètre), et admettons que la résistance est proportionnelle à la vitesse, un calcul simple montre que l'élongation est de la forme

$$z = \frac{a}{K} \cos \omega t_0 [1 - e^{-K(t-t_0)}], \qquad \text{où } K = \frac{AS}{m} = \frac{B}{D} \quad (^1).$$

Si l'on admet que pour des petites variations de la dimension D, B est constant, on voit que les filets les plus minces sont les moins perturbés; z croît avec D, donc avec le diamètre de l'orifice et avec V_{r_0} car la vitesse dans le canal ne varie pas. On voit aussi que, pour un x donné, l'amplitude est d'autant plus grande que la vitesse du courant est plus faible. Les périodicités sont lisibles pour des vitesses assez grandes parce que la rampe est disposée en une région où la vitesse est de l'ordre du tiers de la vitesse dans le canal ([2]).

Indépendamment des périodicités artificielles, nous avons observé, à certains régimes, des périodicités spontanées des filets; nous donnons en exemple les filets qui nous ont paru les plus caractéristiques (*fig.* 3).

AÉRODYNAMIQUE. — *Échauffement de corps cylindriques en déplacement rapide dans l'air. Mesure du coefficient d'échange thermique entre ces corps et l'air.* Note de M. **Edmond Brun**.

Les mesures sur l'échauffement de corps cylindriques en déplacement rapide dans l'air viennent d'être reprises avec un dispositif analogue à celui déjà utilisé ([3]) mais comportant les améliorations suivantes :

1° Dans l'ancien dispositif, au contact en cuivre bague-balai assurant la connexion entre les thermocouples et le galvanomètre, se développait, au cours de la rotation, une résistance électrique de plus en plus grande. Ce fait, peu gênant dans une mesure par compensation, rendait difficile l'emploi d'une méthode de déviation, seule utilisable pour l'étude de la période d'établissement. Par l'utilisation d'un contact tournant à mercure, on évite, non seulement, la création de f. e. m. parasites, mais encore la

---

([1]) S, surface; m, masse; D, dimension de la particule de fluide coloré.

([2]) La perturbation due à la vitesse latérale paraît négligeable, car, en faisant varier V_{r_0}, donc cette vitesse, nous ne percevons aucune variation de longueur d'onde. La vitesse de chute des filets est de $\sim$ 1 mm/sec.

([3]) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 594.

production de résistances supplémentaires (vérifications nombreuses au cours des mesures).

2° Les cylindres de laiton, dont on étudie l'échauffement, doivent être maintenus hors de la couche limite du disque en rotation et de façon que les génératrices restent toujours perpendiculaires à la vitesse. Le système rigide de fixation, réalisant les deux conditions précédentes, a été étudié en vue de réduire le plus possible la surface de contact du métal avec l'isolant solide (ébonite).

3° Pour pouvoir raisonner comme dans le cas d'un cylindre indéfini et éliminer l'influence perturbatrice de l'extrémité libre, chaque cylindre de laiton est prolongé par un cylindre de garde de même diamètre, 15 fois plus long, isolé thermiquement et électriquement.

4° L'utilisation d'un appareil comportant 6 cylindres périphériques et 7 cylindres centraux (soit 6 thermocouples) pouvait faire craindre des interactions soit thermiques, soit aérodynamiques. L'appareil démonté, puis remonté avec 3 cylindres périphériques et 4 cylindres centraux (soit 3 thermocouples), donne, pour l'échauffement d'un cylindre, le même résultat que précédemment.

5° La réalisation de meilleures conditions aérodynamiques conduit à un appareil assez lourd et plutôt fragile; dans ces conditions, la vitesse du cylindre périphérique ne peut dépasser 70 m/sec.

Avec ce nouveau dispositif, la loi de l'échauffement, proportionnel au carré de la vitesse, a été vérifiée avec une précision de 2 pour 100 environ. D'ailleurs, comme le montrent les variations irrégulières qui se produisent au cours d'une même mesure, le phénomène ne paraît pas défini à une précision supérieure.

Pour les cylindres utilisés (diamètre : $2^{cm},4$) et l'intervalle de vitesse étudié (35 à 70 m/sec) les résultats numériques sont complètement représentés par la formule

$$\theta = (3,12 \pm 0,06)\,10^{-4}\,v^2$$

où θ est l'échauffement en degrés centésimaux et v la vitesse en mètres par seconde. Les résultats obtenus dans le cas d'une paroi plane se déplaçant dans son plan sont, comme il fallait s'y attendre, nettement supérieurs (*loc. cit.*).

Il n'est pas possible d'utiliser les résultats obtenus avec les cylindres de 3^{mm} de diamètre (*loc. cit.*) pour rechercher l'influence sur l'échauffement du diamètre du cylindre, les conditions aérodynamiques, dans l'ancien dispositif, étant tout à fait différentes et, d'ailleurs, moins bien définies.

Les cylindres de laiton avaient une masse suffisante pour permettre l'étude du régime d'établissement et, par suite, la mesure du coefficient d'échange thermique entre le cylindre en mouvement et l'air. Le principe de la mesure a été déjà exposé (¹).

Les points expérimentaux représentant le coefficient d'échange en fonction de la vitesse se placent aux environs d'une courbe, avec des écarts atteignant jusqu'à 7 pour 100 de la valeur moyenne. Le régime d'établissement, dans le cas des cylindres, est donc assez mal défini; toutefois, les résultats se groupent mieux, quand la vitesse devient plus grande et le procédé devient intéressant aux grandes vitesses, précisément dans des conditions où les résultats expérimentaux font défaut.

Quand la vitesse varie de 40 à 70ᵐ par seconde, la valeur du coefficient d'échange, en watts par centimètre carré, varie de 0,025 à 0,04 et si, conformément à l'usage, on exprime le coefficient d'échange h, en fonction de la vitesse v, par une formule monome de la forme

$$h = av^n,$$

l'exposant n qui convient est voisin de 0,8.

Les mesures directes effectuées à faible vitesse (jusqu'à 20 m/s) par divers expérimentateurs (Hughes, Gibson) conduisent par extrapolation à des résultats plus faibles; mais, même pour des nombres de Reynolds comparables, il se peut, à cause de la complexité de la loi de variation, que l'extrapolation ne soit pas justifiée. En outre, les diverses mesures directes accusant déjà des divergences importantes dans les résultats (12 pour 100 par exemple), il ne faut pas s'étonner que la méthode dynamique précédente, essentiellement distincte des méthodes employées jusqu'ici, puisse conduire à des valeurs nettement plus élevées (30 pour 100 d'écart avec les résultats extrapolés de Gibson).

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur un effet attribuable à la turbulence.* Note de M. A. **Lafay**, présentée par M. Ch. Fabry.

J'ai montré en 1910 (²) que les irrégularités des courants obtenus avec les souffleries peuvent avoir une influence notable sur les résultats obtenus

(¹) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 302.
(²) *Comptes rendus*, **151**, 1910, p. 144.

avec ces appareils, et j'ai indiqué que l'on trouvait dans ces irrégularités l'explication des divergences entre les caractéristiques attribuées, à cette époque, à des modèles d'ailes identiques, dans divers laboratoires d'aérodynamique.

Je me propose de faire connaître dans cette Note un effet curieux qui est certainement dû à une légère modification dans la turbulence du vent que je puis obtenir avec la soufflerie dont je dispose.

Cette soufflerie, qui appartient au type classique d'Eiffel, est organisée de manière que le vent, utilisé dans la chambre d'expérience, puisse être produit, soit en utilisant la circulation continue d'une même masse d'air, soit en puisant directement dans l'atmosphère de l'air *neuf* qui est rejeté au dehors après avoir servi.

Ce second mode opératoire, qui ne doit être évidemment utilisé que par temps très calme, donne un vent dont l'agitation interne, étudiée par un procédé acoustique, ne paraît pas différer notablement de celle que l'on observe en employant de l'air en circuit fermé. Il est certain que dans ce dernier cas, le vent doit transporter des tourbillons qui prennent naissance autour des pales du ventilateur et contre les angles que l'air contourne pour revenir de l'orifice du diffuseur à l'entrée du collecteur. Ces irrégularités supplémentaires ne modifient toutefois que très légèrement les impressions sonores obtenues avec les deux espèces de vent qui, pour cette comparaison, sont naturellement réglés de manière à donner la même pression au tube de Pitot.

Leur différence de nature peut cependant être mise en lumière par le phénomène suivant :

On sait que, pour certains modèles d'aile, à profil épais, le régime aérodynamique change brusquement lorsque, partant de l'incidence zéro, on atteint des incidences positives ou négatives suffisantes. Le tracé de leur polaire donne alors de part et d'autre de ces incidences critiques, des arcs de courbe qui ne peuvent pas être raccordés et sont manifestements différents.

Or, quand on emploie de l'air en circuit fermé, le saut d'un arc de courbe à l'autre se produit pour une même valeur de l'incidence quel que soit le sens dans lequel on fait varier cette dernière grandeur.

Avec de l'air neuf au contraire, les arcs obtenus, en opérant par incidences croissantes puis décroissantes, empiètent l'un sur l'autre. En caractérisant les incidences positives ou négatives par leurs valeurs absolues, on peut résumer les observations en disant que : le passage de l'arc des

faibles incidences aux arcs des fortes incidences s'effectue, à très peu près, aux mêmes points, que l'air soit neuf ou en circuit. Pour le passage inverse et *seulement avec de l'air neuf*, le régime des fortes incidences se maintient au delà de la limite précédente et se trouve pendant quelque temps dans une sorte d'état de faux équilibre.

Lorsque l'inclinaison d'une aile part de zéro et augmente suffisamment, les filets, que dessine l'écoulement régulier de l'air, se décollent à un certain moment de sa face dorsale. Quand on revient ensuite vers l'incidence zéro, ces filets restent décollés plus longtemps dans un vent obtenu avec de l'air neuf. Les irrégularités supplémentaires, transportées par l'air en circuit fermé, facilitent donc le recollement dorsal des filets et cet effet rappelle celui que certaines impuretés produisent en déterminant la solidification d'un corps à l'état de surfusion.

J'ai observé, pour la première fois, la curieuse différence que je viens de signaler, en étudiant la polaire de l'aile SC_{100} dans le but d'étendre certains résultats relatifs à l'effet Katzmayr exposés dans une précédente Note [1]; mais l'appareil de pesée que j'employais alors exigeait des tâtonnements laborieux pour déterminer les incidences critiques. Je l'ai depuis amélioré et adapté au tracé continu des polaires. Grâce à ce perfectionnement, tandis qu'un aide fait croître ou décroître l'incidence uniformément, l'observateur n'a plus qu'à suivre le spot qui décrit la polaire et à noter les singularités de cette courbe.

GÉODÉSIE. — *Sur l'emploi du gravimètre à grande distance des stations de référence; application à l'établissement de bases de gravité en Indochine.* Note de MM. **P. Lejay** et **G. Costes**, présentée par M. Perrier.

L'emploi du gravimètre [2] suppose un certain nombre de déterminations préalables faites dans des stations de référence. On y étudie la variation de la période en fonction de la température et en fonction du temps; on détermine la loi de variation de la période en fonction de g, soit en mesurant dans une seule station les périodes du pendule, tête en haut et tête en bas, soit en utilisant les valeurs connues de g en deux stations différentes. Dans

(1) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 358.

(2) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1399; 196, 1933, p. 44 et 532.

les deux cas, on en déduit la valeur des coefficients g_0 et K de la formule théorique

$$g = g_0 - \frac{K}{T^2}.$$

On peut se demander jusqu'à quel point ces coefficients seront applicables en des stations où la valeur de la gravité est trés différente de celle des stations de base.

Théoriquement, il est facile de voir comment les deux corrections seront affectées par les variations de la gravité. On les mesure dans la station de référence en secondes à ajouter à la période observée pour ramener celle-ci à la température et la date voulue.

Or, de la formule élémentaire

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{C - G}},$$

on tire aisément

$$dT = \frac{1}{2} T^3 \frac{dC}{4\pi^2 I},$$

ce qui montre qu'à une variation dC du couple élastique correspondra une variation de la période proportionnelle au cube de la période. En conséquence, les variations de période mesurées en une station devront, pour être appliquées en une autre station, être multipliées par le cube du rapport des périodes. Ce facteur peut cesser d'être négligeable, avec le pendule 42, à 200 milligals de la station de base.

Nous avons vérifié cette théorie pour les corrections de température. Alors qu'à La Barbère (Orne), $T = 6{,}3335$, M. Holweck avait trouvé, pour 1° de variation de température, des variations de période de $0^s{,}00325$ à 20°, et $0^s{,}00270$ à 12°, à Zi-Ka-Wei, $T = 5{,}6425$, nous trouvons $0^s{,}00233$ à 20° et $0^s{,}00195$ à 12°.

Or, au même lieu, en partant des données de La Barbère, la formule précédente nous aurait donné 0,00230 et 0,00200. L'accord est donc satisfaisant et montre que la formule est applicable : il suffit d'avoir déterminé les corrections en une station pour pouvoir en déduire les corrections en tout point du globe.

Faute de vérification expérimentale de la théorie précédente, celle-ci n'avait pas été appliquée dans le calcul des coefficients k et g_0 de la formule ci-dessus, dans notre Note antérieure [1]. Quelques nombres doivent donc

[1] *Loc. cit.*

en être légèrement retouchés, sans que pour autant les conclusions en soient modifiées. Les nouveaux coefficients $k = 228,95$, $g = 986,624$ nous donnent les résultats suivants, en adoptant pour Zi-Ka-Wei et Hong-Kong comme valeurs antérieures celles de M. Shinjo, les plus récentes, et en prenant pour Singapore la moyenne des valeurs de M. Shinjo et de M. Vening Meinesz, qui diffèrent entre elles de 2 milligals :

Observ.	Lieu.	T_o.	T_c.	g.	g_1.	Diff.
				g	g	
H.	Uccle................	6,4729	6,4585	981,133	981,131	2mg
H.	Paris-Breteuil........	6,3695	6,3471	950,941	980,941	0
H.-L.	Paris................	6,3620	6,3477	980,942	980,942	0
L.	Bâle.................	6,2589	6,2496	980,762	980,765	—3
L.	Besançon.............	6,2536	6,2444	980,752	980,751	1
L.	Lausanne.............	6,1687	6,1598	980,590	980,589	1
L.	Florence.............	6,1231	6,1143	980,500	980,501	—1
L.	Rome.................	6,0572	6,0487	980,366	980,368	—2
L.	Colombo..............	5,2043	5,1996	(978,155)	978,145	(10)
L.	Singapore............	5,1828	5,1780	978,085	978,085	0
L.	Hong-Kong............	5,4040	5,3988	978,769	978,771	—2
L.	Zi-Ka-Wei............	5,6494	5,6436	979,436	979,436	0

On voit que d'une part la formule s'applique très bien sur une distance en latitude égale à près des deux tiers de l'équateur au pôle, et que d'autre part les valeurs antérieures sur lesquelles nous nous sommes appuyées sont bien en accord.

Sur ces données, nous avons fait un certain nombre de nouvelles déterminations. Nous ne donnerons ici que les valeurs de g pour les seules stations d'Indochine, espacées en moyenne de 75km, le long de la côte, et destinées à servir ultérieurement de bases secondaires pour l'établissement d'un réseau complet.

Les valeurs trouvées semblent indiquer qu'il n'y a pas le long de la côte indochinoise d'anomalies considérables; ces dernières semblent décroître régulièrement du sud au nord jusqu'au centre de l'Annam. La grande anomalie trouvée à Dalat mérite cependant d'être retenue.

Lieu.	Lat.	Long. Gr.	Alt.	δ.	Obs.	Date.	T_c.	g.	g''_0.	γ_0.	$g''_0 - \gamma_0$.	n.	ε_p.
	° ′	° ′	m					g	g	g	mg		
Saïgon....	10.46,9	106.41,5	12	2,3	L	10 mars	5,2218	978,227	978,230	978,210	20	20	0,3
Dalat.....	11.56,0	108.25,7	1498	2,6	L	11 »	5,1261	977,911	978,373	978,250	123	32	0,3
Nha Trang.	12.16,0	109.15,5	4	2,3	L	12 »	5,2340	978,267	978,268	978,262	6	29	0,3
Qui-Nhon.	13.46,2	109.13,8	6,5	2,3	L	13 »	5,2507	978,320	978,322	978,322	0	26	0,3
Tourane...	16. 4,4	108.13,3	5	2,3	L-C	14 »	5,2793	978,409	978,410	978,425	-15	25	0,3
Hué......	16.28,2	107.35,0	6,2	2,5	L-C	15 »	5,2925	978,450	978,452	978,445	7	18	0,3
Vinh.....	18.40,0	105.39,9	4,4	2,3	L-C	17 »	5,3287	978,561	978,562	978,559	3	27	0,3
Hanoï.....	21. 1,4	105.51,3	11	2,3	L-C	18 »	5,3698	978,684	978,687	978,694	− 7	24	0,3
Phu-Lien.	20.48,5	106.37,7	113	2,5	L-C	19 »	5,3656	978,661	978,695	978,680	15	24	0,3

GÉODÉSIE. — *Mesures de gravité faites au moyen de l'appareil Holweck-Lejay, n° 2.* Note de M. **R. Goudey**, présentée par M. Perrier.

Au cours de l'année 1932, j'ai effectué en Franche-Comté, au moyen de l'appareil Holweck-Lejay n° 2, une série de mesures de g.

Les procédés d'observation et de calcul sont restés les mêmes que ceux qui ont été précédemment décrits aux *Comptes rendus* (1).

La formule linéaire de calcul de g, dont le coefficient a été déterminé en prenant comme stations de référence

Besançon.............. $g = 980,752$
Genève................ $g = 980,582$,

est

$$g = 980,752 - 159,0\,\Delta R.$$

Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau ci-dessous :

Stations.	Latitudes.	Altitudes.	ΔR.	Δg.	$g_{obs.}$ O.	$g_{calc.}$ C.	O — C.
	° ′	m					
Saint-Claude....	46.23,3	457	+0,000858	−0,136	980,616	980,653	−37
Morez..........	46.31,2	703	+ 1037	− 165	587	615	−28
Lons-le-Saunier..	46.40,3	261	+ 248	− 039	713	716	− 3
Champagnole....	46.44,8	545	+ 641	− 102	650	668	−18
Arbois..........	46.54,2	286	+ 311	− 049	703	732	−29
Pontarlier.......	46.54,1	837	+ 937	− 149	603	625	−22
Salins...........	46.56,3	350	+ 309	− 049	703	723	−20
Montbenoît......	46.59,6	787	+ 835	− 133	619	642	−23
Mouthier........	47. 2,5	425	+ 372	− 059	693	718	−25
Morteau.........	47. 3,4	774	+ 779	− 124	628	651	−23
Arc-sous-Cicon..	47. 4,3	838	+ 777	− 124	628	639	−11
Dôle............	47. 5,7	222	− 29	+ 005	757	761	− 4
Consolation.....	47. 9,3	500	+ 404	− 064	688	714	−26
Le Russey.......	47. 9,8	872	+ 815	− 130	622	641	−19
Vercel..........	47.11,1	664	+ 549	− 087	665	684	−19
Marnay.........	47.17,6	216	− 164	+ 026	778	780	− 2
Baume-les-Dames.	47.21,1	292	− 10	+ 002	754	772	−18
Gray............	47.26,7	195	− 208	+ 033	785	799	−14
Montbozon......	47.28,0	262	− 16	+ 003	755	788	−33
Delle...........	47.30,5	368	− 10	+ 002	754	771	−17
Montbéliard.....	47.30,6	319	− 60	+ 010	762	781	−19
Vesoul..........	47.37,5	232	− 209	+ 033	785	807	−22
Belfort..........	47.38,0	366	− 135	+ 021	773	782	− 9
Lure............	47.41,5	297	− 201	+ 032	784	801	−17
Luxeuil-les-Bains.	47.49,2	304	− 229	+ 036	788	811	−23
Jussey..........	47.49,5	269	− 313	+ 050	802	818	−16
St-Loup-sur-Sem.	47.53,2	247	−0,000312	+0,050	980,802	980,829	−27

(1) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1116; **194**, 1932, p. 1932.

Les valeurs de g calculé ont été obtenues au moyen de la formule de Helmert (1901), avec application des corrections de Faye et de Bouguer, sans tenir compte de la correction topographique; la correction de Bouguer a été calculée avec la densité moyenne 2,7.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE APPLIQUÉE. — *Sur l'application de l'analyse dimensionnelle à l'étude de l'écoulement turbulent.* Note de M. **Robert Esnault-Pelterie**, présentée par M. Jean Rey.

Ayant eu besoin de déterminer le débit de liquides s'écoulant à travers des orifices calibrés sous une chute de pression déterminée, j'ai guidé mes expériences de mesure au moyen de l'analyse dimensionnelle et ai abouti aux résultats suivants :

Considérant un phénomène pour lequel on a une relation

$$\mathcal{F}(P_1, P_2, \ldots, P_p) = 0, \tag{1}$$

qui dépend de p paramètres P mesurables au moyen de n unités fondamentales ($n < p$), le théorème de Vaschy-Buckingham permet de l'écrire

$$F(\Pi_1, \Pi_2, \ldots, \Pi_{p-n}) = 0, \tag{2}$$

où les Π sont $p - n$ produits indépendants constitués de la manière suivante : n des p paramètres P ayant été arbitrairement choisis, chaque produit contient un seul des $p - n$ paramètres restants, et un ou plusieurs des n paramètres choisis; les puissances auxquelles tous ces paramètres figurent dans les produits sont telles que ces derniers n'ont pas de dimensions.

Choisissant comme caractéristique du phénomène l'un des paramètres P qui fait partie des $p - n$ paramètres « non choisis », je mets à part le facteur Π qui est seul à le contenir, en écrivant

$$\Pi = f(\varpi_1, \varpi_2, \ldots, \varpi_{p-n-1}) \tag{3}$$

(le changement de notation a simplement pour but de distinguer le Π choisi).

Définition. — Je dis que

$$\Pi = k = \text{const.} \tag{4}$$

est une loi limite du phénomène, si la loi réelle f tend vers k quand un ou plusieurs des ϖ (ou leurs inverses), ϖ_g, ϖ_h, ϖ_j, par exemple, tendent vers zéro.

La fonction f étant analytique et holomorphe, on peut mettre (3) sous la forme

$$\Pi = k \pm \varpi_g^x \varpi_h^y \varpi_j^z . \Phi(\varpi_1, \varpi_2, \ldots, \varpi_{p-n-1}), \tag{5}$$

Φ étant également une fonction analytique holomorphe.

Le paramètre caractéristique étant le débit-masse ($D_m = MT^{-1}$) et les autres : la section de l'orifice ($\sigma = L^2$), la chute de pression à travers cet orifice ($\Delta p = L^{-1}MT^{-2}$), la masse spécifique du liquide ($\rho = L^{-3}M$), sa viscosité ($\mu = L^{-1}MT^{-1}$), la longueur de la partie cylindrique de l'orifice ($l = L$), enfin, un coefficient de forme ($q = L^{-1}$), quotient de la périphérie de l'orifice par sa section, on aboutit à la fôrme

$$\frac{D_m}{A\sqrt{\Delta p \rho}} = F\left[\frac{\mu}{\sqrt{\sigma \Delta p \rho}}, q\sqrt{\sigma}, \frac{1}{\sqrt{\sigma}}\right] = F(\varpi_1, \varpi_2, \varpi_3). \tag{6}$$

On voit immédiatement que, pour $\mu = 0$, $q = 0$ ou $l = 0$, on devra avoir la loi d'écoulement connue du liquide parfait

$$D_m = \sigma\sqrt{2\Delta p \rho}, \quad \text{c'est-à-dire} \quad A = \sqrt{2} \quad \text{et} \quad F = 1; \tag{7}$$

les variables de (6) peuvent donc s'unir sous la forme d'un produit de puissances des ϖ, au moins lorsque les paramètres μ, q ou l demeurent suffisamment petits.

Mes expériences furent effectuées avec de l'eau qui pouvait être chauffée afin de faire varier la viscosité; les pressions utilisées variaient elles-mêmes d'environ 1^{atm} à quelques 5^{atm}, les diamètres des orifices de $1^{mm},2$ à 2^{mm}, leur longueur de 4^{mm} à 40^{mm}; tous les paramètres pouvaient être mesurés à $1/500^e$ près.

En dehors du régime de Poiseuille dont je ne m'occupais pas, deux régimes inconnus se sont révélés.

Régime I :

$$F = 1 - A_1\left(\varpi_1^{\frac{1}{2}} \varpi_2 \varpi_3^{\frac{1}{2}}\right), \tag{8}$$

A_1 étant un nombre indépendant de la rugosité des parois;

Régime II :

$$F = 1 - A_2(\varpi_2 \varpi_3)^x, \tag{9}$$

A_2 dépendant de la rugosité de la paroi, suivant une loi que je ne puis exposer ici, et x étant voisin de 0,65.

Ce régime nouveau, que j'appellerai isozémique, *présente la particularité très curieuse d'être indépendant de la viscosité*, bien que ce soit évidemment cette dernière qui provoque la perte de débit par rapport à un liquide parfait de même densité.

Si l'on ajoute à ces deux lois celle de Poiseuille, pour laquelle

$$F = \varpi_1^{-\frac{1}{2}} \varpi_2^{-1} \varpi_3^{-\frac{1}{2}}, \tag{10}$$

on voit que, *pour ces trois régimes*, Φ *de* (5) *se réduit à une constante, même quand la loi naturelle s'écarte beaucoup de la loi limite*. Comme une triple coïncidence de cette sorte est fort improbable, il y aura lieu de vérifier si cette condition se reproduit dans d'autre cas; cela augmenterait considérablement le secours que nous offre l'analyse dimensionnelle dans les cas où nos moyens analytiques proprement dits sont en défaut.

Quand, en effet, les variables possibles s'agglomèrent ainsi en une seule, on peut déterminer les exposants qui y affectent chacune d'elles par l'étude expérimentale des différentes dérivées partielles de F par rapport aux $p - n - 1$ paramètres « non choisis » en traçant, d'après l'expérience, les courbes

$$\log F = x \log P_m + \text{const.}; \tag{11}$$

ces courbes doivent, pour différentes séries de valeurs déterminées des autres P, constituer un faisceau de droites parallèles, et c'est l'expérience elle-même qui indique l'existence et la constitution de la variable composée.

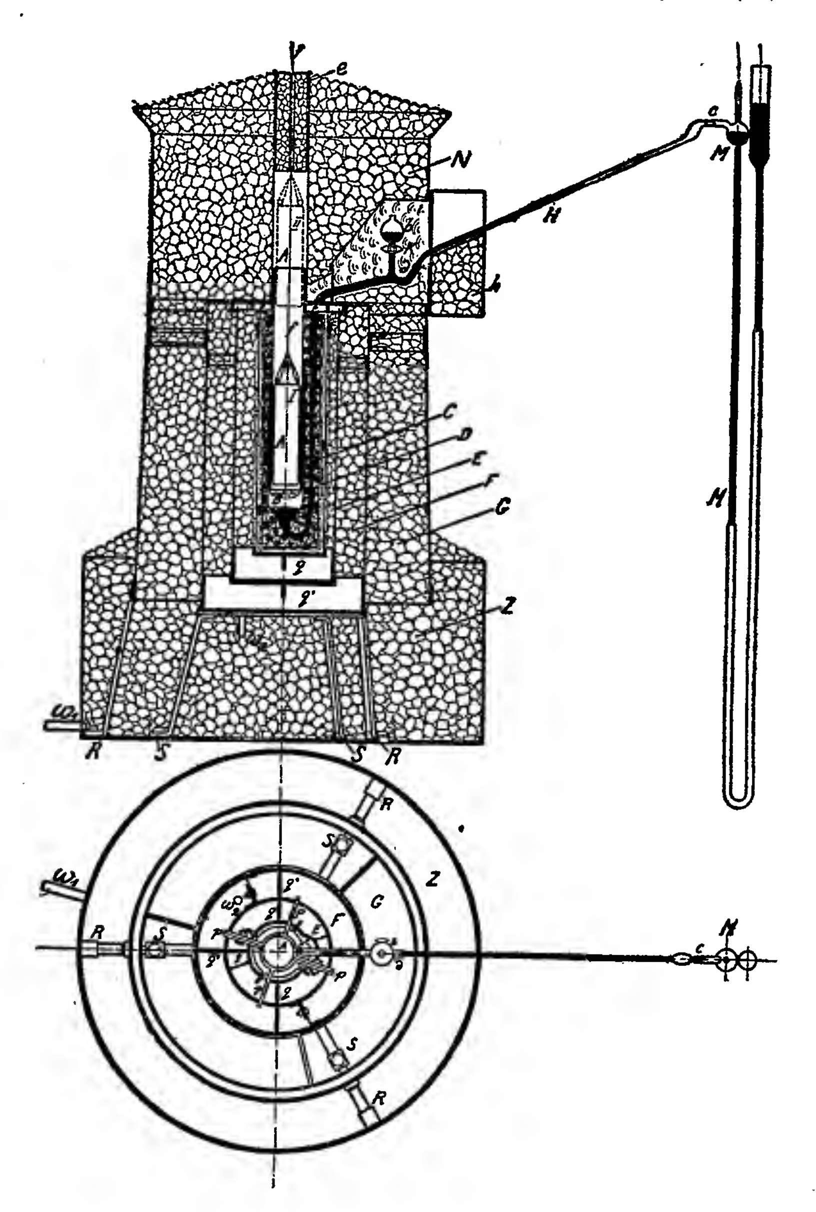
CHALEUR. — *Sur un calorimètre à glace pour la mesure de très petits effets thermiques*. Note[1] de MM. **W. Swietoslawski**, **A. Zmaczynski**, **I. Zlotowski**, **J. Usakiewicz** et **J. Salcewicz**, présentée par M. C. Matignon.

Nous avons essayé d'adapter le calorimètre à glace à la mesure de très faibles effets thermiques produits par des phénomènes continus. Dans ce but nous avons étudié avec grand soin les défauts des calorimètres à glace employés jusqu'à présent. Après une longue série d'expériences préliminaires nous avons constaté que la construction du calorimètre à glace doit être modifiée de la manière suivante (voir la figure):

---

(1) Séance du 12 juin 1933.

1° le calorimètre contenant par exemple 500$^{cm^3}$ d'espace utile (A) doit être en acier; 2° le volume de l'espace rempli d'eau et de glace (B) doit être



aussi petit que possible, de manière que l'épaisseur de la couche intérieure de glace et d'eau ne dépasse pas quelques millimètres (7^{mm} dans un de nos appareils; 3° la quantité de glace formée dans cet espace (B) doit être au

moins égale à 0,3 ou 0,4 de la masse totale de l'eau. Dans un de nos appareils l'épaisseur de cette couche est de 2 à 3^{mm}; 4° le tube capillaire du calorimètre doit être relié à un manomètre différentiel à mercure M, ce qui permet d'établir la pression voulue variant entre $0^{atm},3$ de sous-pression et $1^{atm},5$ de surpression. Ce dispositif sert à régler à volonté la marche du calorimètre : marche positive, formation de la glace; marche négative, fusion de celle-ci; 5° le vase (C) qui contient le calorimètre doit être rempli d'un mélange d'eau distillée et de glace; 6° les variations de température dans les vases qui renferment le calorimètre (C, D, E) ne doivent pas dépasser $0^{\circ},001$ à $0^{\circ},002$ pendant toute la période du fonctionnement du calorimètre (plusieurs semaines); 7° le tube capillaire H doit être incliné comme l'indique la figure.

Nous avons examiné le fonctionnement de l'appareil en y plaçant une masse cylindrique de plomb de 5000^{g} (ou 1000^{g} d'aluminium) que nous chauffions continuellement par un courant électrique circulant dans un fil de constantan qui traversait la longueur entière du cylindre. Comme il s'agissait d'adapter les conditions de l'expérience à la mesure de phénomènes continus, le courant électrique ne cessait de circuler pendant tout le temps de l'exécution de l'expérience. Ainsi on commençait par établir la marche du calorimètre v, le bloc métallique A étant placé dans le calorimètre (position I indiquée dans la figure), ensuite on soulevait lentement le bloc en le plaçant dans la partie située au-dessus du calorimètre (position II), montrée en pointillé. La marche du calorimètre vide v_0 étant connue, on détermine la chaleur dégagée par le courant en appliquant l'équation

$$\Delta Q = (v - v_0).q,$$

où q est le facteur qui exprime en calories la diminution du volume de l'eau fondue. La précision de notre dispositif atteint $\pm 0^{cal},03$, dégagées par la substance examinée par heure. Comme la charge de notre calorimètre peut atteindre 1000 à 1900^{g}, il est possible de déceler un effet de 3.10^{-5} à 1.10^{-5} cal par gramme et par heure.

La manipulation avec le calorimètre, adapté aux mesures de petites quantités de chaleur, est assez difficile. Quoique nous ayons fait pendant une période de dix mois de nombreuses mesures, nous avons été obligés d'étudier les conditions du fonctionnement de l'appareil après chaque nouveau remplissage du calorimètre avec de l'eau. On a pu vérifier ce bon fonctionnement d'après la constance de la marche du calorimètre pendant les trois périodes calorimétriques : initiale, principale et finale.

La majorité de nos mesures a été exécutée en établissant une marche positive, formation de la glace du calorimètre, aussi bien pendant la marche initiale et la marche finale que pendant la période principale.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la décharge en haute fréquence.* Note de Mlle **M. Chenot**, présentée par M. A. Cotton.

Dans de précédentes Notes [1], nous avons décrit des phénomènes de propagation des mouvements électroniques dans un tube contenant un gaz à faible pression, traversé par une décharge de très haute fréquence. Nous avons montré qu'il s'établissait un système d'ondes stationnaires le long du tube, rendu visible par une série de fuseaux lumineux séparés par des espaces plus sombres.

Dans la vapeur de mercure provenant de la jauge, la luminosité de ces fuseaux décroît du centre vers les bords qui ne sont pas nettement définis. Il nous est cependant arrivé, lorsque le tube n'avait pas encore servi, d'observer dans chaque internœud un fuseau lumineux très nettement limité et entouré sur sa surface par une couche mince plus sombre à la fois que ce fuseau et que les régions du tube qui l'entourent.

Wood [2] a signalé l'existence, lors de la décharge à très haute fréquence dans les gaz très raréfiés, de taches lumineuses à contours nets, auxquelles il a donné le nom de plasmoïdes dérivé de la théorie de Langmuir [3] sur les plasmas électroniques. Il observe plus facilement ces plasmoïdes dans l'oxygène. Leurs formes sont variées et souvent très irrégulières.

Nous avons repris des observations d'ondes stationnaires le long d'une décharge à la fréquence correspondant à quelques mètres de longueur d'onde, dans des tubes vidés par une pompe à diffusion, puis remplis d'oxygène à des pressions de quelques millièmes de millimètre. L'oxygène était obtenu en chauffant du permanganate de potassium dans une petite ampoule en relation avec la canalisation de la pompe. Un piège à air liquide arrêtait la vapeur de mercure. Nous avons alors obtenu de façon

---

(1) M. Chenot, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 38 et 673; C. Gutton et M. Chenot, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 589.

(2) R. W. Wood, *Phys. Rev.*, 35, 1930, p. 673.

(3) L. Tonks et I. Langmuir, *Phys. Rev.*, 33, 1929, p. 195.

constante les taches lumineuses qui, dans d'autres gaz, ne se produisaient qu'accidentellement. De couleur jaune verdâtre, elles avaient des contours nets bordés d'une ligne sombre et présentaient les apparences décrites par Wood.

Mais si l'on a soin de choisir la fréquence, l'intensité de la décharge ou la longueur du tube pour laquelle un système stationnaire s'établit le long du tube, les taches lumineuses ont une forme ovoïde très régulière et apparaissent au centre de tous les internœuds, rendant ces derniers très nettement visibles. La théorie que nous avons donnée des phénomènes de propagation étudiés par nous montre que les régions où s'observent les taches lumineuses sont celles où l'amplitude et la vitesse des mouvements électroniques sont les plus grandes. L'existence de bords nets prouve que les phénomènes d'ionisation qui déterminent la formation de ces taches nécessitent une vitesse des électrons supérieure à une valeur bien définie.

Le tube était excité en approchant l'une de ses extrémités d'un oscillateur à lampes triodes, les oscillations électroniques se réfléchissaient à l'autre extrémité. L'intensité de l'ionisation dans les divers internœuds est d'autant plus grande que ceux-ci sont plus voisins de l'oscillateur; comme nous l'avons déjà indiqué, la vitesse de propagation est d'autant plus grande que l'ionisation est plus intense; il en résulte que les divers internœuds et les taches lumineuses qui se forment autour de leur centre ont des longueurs qui décroissent un peu lorsqu'on s'écarte de l'extrémité excitée.

Les plasmoïdes apparaissent également dans l'air, où ils ont moins d'éclat que dans l'oxygène, mais nous ne les avons jamais observés dans l'hydrogène.

Lorsqu'on approche un aimant du tube, les taches lumineuses sont déformées, ainsi que l'avait déjà constaté Wood; certaines disparaissent, d'autres peuvent se former. On peut alors observer la fluorescence rouge du tube, au contact de l'oxygène ou de l'air, surtout si le tube a été chauffé. Cette fluorescence apparaît lorsque la pression du gaz est de quelques millièmes de millimètre et l'excitation assez faible. Peu intense en l'absence de champ magnétique, elle s'étend sur une grande partie du tube; si l'on approche un aimant, elle se concentre dans la région vers laquelle la décharge est déviée et devient beaucoup plus brillante. Si le tube est excité plus fortement ou si la pression s'élève, elle disparaît. On ne la voit pas dans l'hydrogène et elle réapparaît difficilement lorsqu'on remet de l'oxygène dans le tube.

La comparaison des expériences précédentes avec les essais réalisés par excitation de la décharge dans d'autres conditions montre que l'établisse-

ment d'un système d'ondes stationnaires a l'avantage de créer dans le tube une répartition régulière d'électrons animés de vitesses différentes, ce qui limite nettement des régions de vitesses convenables pour la formation des plasmoïdes; en outre, la présence de ces plasmoïdes au centre des internœuds prouve que les régions favorables sont celles où les électrons atteignent les vitesses les plus grandes.

MAGNÉTISME. — *Obtention d'une température extrêmement basse par démagnétisation adiabatique d'un sel d'une terre rare.* Note [1] de MM. **W. J. de Haas, E. C. Wiersma** et **H. A. Kramers**, présentée par M. A. Cotton.

MM. Debye (1926) et Giauque (1927) ont indiqué une méthode de réfrigération qui pourrait donner des températures plus basses que celles qui ont été obtenues jusqu'ici.

Nous avons suspendu d'un côté d'une balance disposée pour la mesure de la susceptibilité magnétique un petit tube entouré lui-même d'une enveloppe où l'on a fait le vide, le tout plongé dans de l'hélium liquide à une température de 1°,26 K. Le tube intérieur contenait du CeF^3 et était placé dans un champ magnétique de 30 kilogauss. Le refroidissement de la substance jusqu'à 1°,26 K. a demandé environ 4 heures.

Nous avons alors réduit brusquement l'intensité du champ jusqu'à 2,5 kilogauss, et nous avons ensuite mesuré le moment magnétique en fonction du temps. En extrapolant les valeurs de la susceptibilité mesurées dans la région normale de l'hélium liquide (4° à 1°,3 K.), nous avons calculé que la température était lors de la première mesure au-dessous de 0°,27 K. De nouvelles mesures donnent comme estimation une valeur inférieure à 0°,18 K.

Les valeurs des plus basses températures obtenues en réduisant la pression de saturation de l'hélium liquide étaient 0°,82 K. (Kamerlingh Onnes) et plus tard 0°,71 K. (M. Keesom).

Remarques à propos de la Communication précédente,
par M. **A. Cotton**

Le succès des belles expériences de M. de Haas et de ses collaborateurs ne marque pas seulement un progrès nouveau dans cette obtention des

(1) Séance du 29 mai 1933.

températures de plus en plus basses à laquelle le laboratoire Kamerlingh Onnes ne cesse de consacrer ses efforts. Il apporte une preuve expérimentale de l'existence de ces changements de température, accompagnant l'aimantation ou la désaimantation des corps paramagnétiques, que M. Langevin avait prévus en 1905 par sa théorie du paramagnétisme. En présentant à l'Académie la Note de MM. de Haas, Wiersma et Kramers, je tiens à rappeler l'article paru aux *Annales de Chimie et Physique* (8e série, 5, 1905, p. 70-126), où M. Langevin montrait comment cette théorie faisait prévoir très simplement cet effet thermique et sa variation avec la température absolue.

Observations de M. **A. d'Arsonval** *au sujet de la Communication précédente.*

A propos du travail si remarquable que vient de signaler M. A. Cotton, je crois intéressant d'observer qu'il y a longtemps déjà, j'ai signalé un autre moyen de pousser vers le zéro absolu. Ce moyen consisterait à utiliser l'effet Peltier. D'habitude, l'effet Peltier est masqué par l'effet Joule, mais ce dernier s'atténuant à basse température du fait de l'abaissement de la résistance spécifique des métaux, l'effet Peltier doit y devenir prédominant.

Dans ma Notice sur l'air liquide, publiée dans les *Annales de Chimie et de Physique* d'août 1902, je signale ce moyen.

L'effet Peltier persiste encore à la température de l'air liquide, j'ignore s'il en est de même dans l'hélium solidifié.

Postérieurement, en décembre 1929, M. Horace Turrettini a repris cette idée et publié des expériences très intéressantes à la Société française des Électriciens. Il a obtenu ainsi des abaissements de température de 18°.

Je renvoie pour les détails à sa Communication et aux commentaires de M. Béthenod qui signale mon travail de 1902. M. Turrettini n'a pas encore opéré, que je sache, à ces très basses températures, mais il est probable que la nature des corps constituant le couple doit jouer un grand rôle dans ce cas.

MAGNÉTISME. — *Aimantation du fer par la superposition d'un champ alternatif à un champ magnétique constant.* Note de M. **St. Procopiu**, présentée par M. A. Cotton.

Lorsque, à un champ magnétique constant (H_0), on superpose un champ alternatif, et qu'on fait croître son amplitude à partir de zéro jusqu'à une valeur h, l'aimantation initiale $\mathcal{J}_0$ du fer soumis aux champs croît avec le

champ alternatif, passe par un maximum $\mathcal{J}_m$, obtenu pour une amplitude égale au champ coercitif de la substance ($h = \mathrm{Hc}$), pour descendre ensuite et tendre rapidement vers zéro [1]. Si alors on fait décroître l'amplitude du champ alternatif, l'aimantation croît de nouveau et repasse par les mêmes valeurs jusqu'au maximum qu'elle dépasse légèrement, puis conserve cette dernière valeur lorsque le champ alternatif continue de diminuer jusqu'à zéro. Les phénomènes sont analogues en champ oscillant de haute fréquence, sauf que le maximum de l'aimantation est plus étalé et moins élevé : cela est dû à ce que le champ de haute fréquence pénètre plus difficilement à l'intérieur de la substance (skin-effect).

Je me suis proposé d'établir une relation donnant l'intensité d'aimantation $\mathcal{J}$ du fer, en fonction de l'amplitude h du champ alternatif, et de l'aimantation maxima $\mathcal{J}_m$, qui représente l'aimantation normale (Maurain) ou idéale (Steinhaus et Gumlich) du fer pour un champ constant H_0.

Admettons que la variation d'aimantation $d\mathcal{J}$ est proportionnelle à la variation dh de l'amplitude du champ alternatif, à l'aimantation $\mathcal{J}$ et à la différence entre l'amplitude h et le champ coercitif H_c, pour la valeur duquel l'aimantation devient maxima. On a

$$d\mathcal{J} = -\mathrm{K}\mathcal{J}.(h - \mathrm{H}_c)\,dh, \tag{1}$$

où K est une constante de proportionnalité. En tenant compte de ce que, pour $h = \mathrm{H}_c$ on a $\mathcal{J} = \mathcal{J}_m$, les limites d'intégration (1) seront $\mathcal{J}_m$ et $\mathcal{J}$ pour $d\mathcal{J}$, et H_c et h pour dh. L'intégration nons donnera

$$\mathcal{J} = \mathcal{J}_m e^{-\frac{\mathrm{K}}{2}(h-\mathrm{H}_c)^2}. \tag{2}$$

Il faut déterminer la constante de proportionnalité K. Si l'on multiplie les deux membres de la relation (2) par dh et qu'on intègre de zéro à l'infini, on constate que l'intégrale du premier membre représente l'énergie magnétique moyenne en champ alternatif, et comme dans le second membre l'un des facteurs est $\mathcal{J}_m$, l'autre facteur qui donne l'énergie magnétique moyenne ne peut être que H_0, la valeur moyenne du champ lorsque, au champ constant, on superpose le champ alternatif.

On obtient ainsi

$$\int_0^\infty e^{-\frac{\mathrm{K}}{2}(h-\mathrm{H}_c)^2}\,dh = \mathrm{H}_0$$

(1) *Journ. de Phys.*, 7e série, 1, 1930, p. 365.

dont l'intégration donne

$$\frac{K}{2} = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{1}{H_0^2}. \tag{3}$$

Avec cette valeur (3) de K, l'aimantation du fer en champ alternatif devient

$$\mathcal{J} = \mathcal{J}_m e^{-\frac{\pi}{4}\left(\frac{h-H_c}{H_0}\right)^2}. \tag{4}$$

Cette relation peut être soumise au contrôle expérimental. Par exemple lorsque $h = 0$, $\mathcal{J}$ devient l'aimantation initiale $\mathcal{J}_0$, donnée par

$$\mathcal{J}_0 = \mathcal{J}_m e^{-\frac{\pi}{4}\frac{H_c^2}{H_0^2}}. \tag{5}$$

On peut déterminer expérimentalement les valeurs $\mathcal{J}_0$ et $\mathcal{J}_m$ au magnétomètre, et l'on peut calculer d'après (5) le rapport $\mathcal{J}_m/\mathcal{J}_0$, en connaissant H_c et H_0.

Exemples. — Fer (fil $0^{mm},15$ diam.); $H_c = 9$ gauss :

$H_0 = 9$ gauss, $\mathcal{J}_0 = 75^{mm}$, $\mathcal{J}_m = 210^{mm}$, $\frac{\mathcal{J}_m}{\mathcal{J}_0} = 2,8$. Calc. $\frac{\mathcal{J}_m}{\mathcal{J}_0} = 2,3$.

Fer (fil $0^{mm},25$ diam.); $H_c = 2,8$ gauss :

H_0		$\mathcal{J}_0$	$\mathcal{J}_m$	$\frac{\mathcal{J}_m}{\mathcal{J}_0}$	Calc. $\frac{\mathcal{J}_m}{\mathcal{J}_0}$
1,4	gauss.	$2^{mm},5$,	37^{mm},	15.	22.
2,8	»	20	52	2,6.	2,2
5,6	»	50	66	1,32.	1,22
14	»	80	84	1,05.	1,03

Acier (fil $1^{mm},3$ diam.); $H_c = 20$ gauss :

$H_0 = 9$ gauss, $\mathcal{J}_0 = 10$; $\mathcal{J}_m = 360$, $\frac{\mathcal{J}_m}{\mathcal{J}_0} = 36$ (calc. 45).

L'accord est convenable entre les valeurs expérimentales et celles déduites des relations (5) ou (4), au moins quand les champs magnétiques H_0 ne sont pas trop petits par rapport au champ coercitif de la substance.

Observons que dans la relation (5), $\mathcal{J}_0$ et $\mathcal{J}_m$ sont les aimantations, lues respectivement sur la courbe initiale et sur la courbe idéale d'aimantation. Faisons les substitutions $\mathcal{J}_m = \chi' H_0$ et $\mathcal{J}_0 = \chi H_0$ où χ' et χ sont les susceptibilités magnétiques déduites de la courbe idéale et de la courbe initiale; mettons également $H_0 = H$; (5) nous donne

$$\chi' = \chi e^{\frac{\pi}{4}\left(\frac{H_c}{H_0}\right)^2}, \tag{6}$$

qui représente la courbe idéale d'aimantation lorsque l'on connaît la courbe initiale.

En résumé, on a obtenu une relation (4) donnant l'aimantation du fer en fonction du champ alternatif superposé à un champ magnétique constant, et une relation (6) donnant la susceptibilité magnétique de la courbe idéale d'aimantation.

SPECTROSCOPIE. — *Comparaison entre les spectres bleu et violet de la molécule d'hydrogène.* Note (¹) de MM. **D. Chalonge** et **E. Vassy**, présentée par M. Ch. Fabry.

Le dispositif utilisé pour provoquer l'émission de ces spectres, très analogue à celui de Freeman (²), est représenté sur la figure 1. Les électrons sont émis par le filament de platine F recouvert d'oxydes alcalino-terreux (³), porté au rouge sombre par un courant électrique. L'air liquide

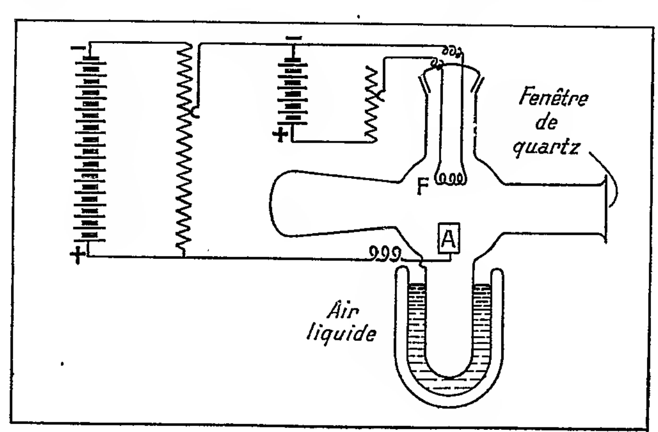


Fig. 1.

a pour but de condenser les impuretés carbonées provenant du revêtement du filament, lesquelles donnent lieu à des bandes très nombreuses lorsque celui-ci n'est pas suffisamment formé. L'anode A est un cylindre de nickel

(¹) Séance du 19 juin 1933.

(²) Freeman, *Astr. Journ.*, 64, 1926, p. 122.

(³) Pour le préparer, on recouvre le filament de carbonates alcalino-terreux en suspension dans une solution de collodion dans des solvants organiques, puis on le chauffe au rouge sombre dans le vide, pour dissocier les carbonates.

à axe vertical dont le bord supérieur se trouve à 25^{mm} environ de F. Le dispositif potentiométrique figuré permet de faire varier la tension anodique. Au moyen d'un osmorégulateur en platine, on introduit dans l'appareil, préalablement vidé, de l'hydrogène sous une pression de $0^{mm},15$ de mercure environ.

Pour une valeur de la tension anodique voisine de 80 volts et un chauffage

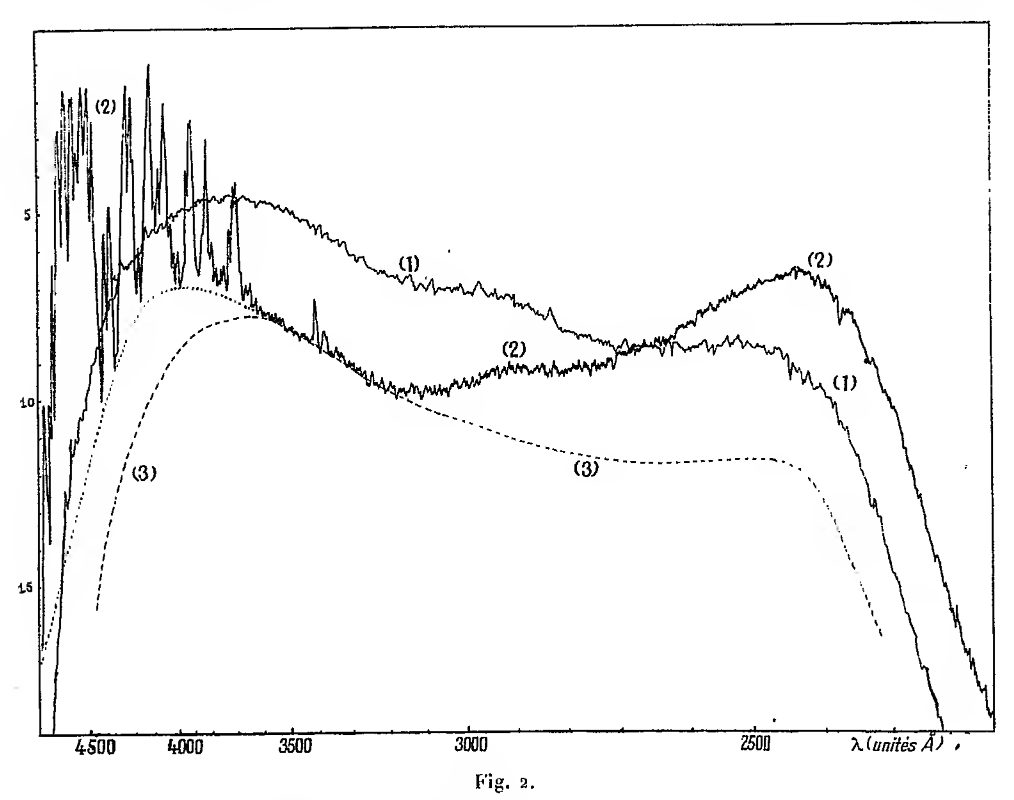


Fig. 2.

L'origine des ordonnées correspond à une opacité infinie.
Courbe (1), spectre bleu; courbe (2), spectre violet.

convenable du filament F, le gaz entourant F s'illumine en bleu dans un assez grand volume. Une augmentation de tension de l'ordre de 2 volts suffit pour faire virer au violet la couleur de cette partie de la décharge. Une pose de l'ordre de 30 minutes dans le premier cas, de 15 minutes dans le second permet d'obtenir un bon spectre de la décharge sur plaque Ilford soft-gradation au moyen d'un petit spectrographe Hilger à optique de quartz. Le spectre de la lueur bleue, est, ainsi qu'il a été signalé à plusieurs reprises, absolument continu et dépourvu de toute raie moléculaire ou ato-

mique de l'hydrogène [1]. Dans le spectre de la lueur violette sont présentes, superposées au spectre continu précédent, les raies du spectre secondaire avec une forte intensité et, assez faibles, les premières raies de Balmer.

Sur la figure 2 sont reproduits les enregistrements, au microphotomètre, de ces deux spectres photographiés sur la même plaque. La courbe ponctuée représente le spectre continu de la décharge violette dans la région des raies. On voit que l'énergie est distribuée de façon très différente dans ces deux spectres continus. Nous avons tracé en (3), à partir des courbes de noircissement de la plaque, la courbe que donnerait le spectre bleu si l'on affaiblissait toutes ses radiations dans un même rapport. La comparaison des courbes (2) et (3) montre clairement des différences de répartition énergétique existant entre les spectres continus des lueurs bleue et violette et confirme les observations déjà faites par l'un de nous et la théorie proposée pour les expliquer [2]. Le spectre bleu serait dû à la transition S_0 entre le niveau de vibration nulle de l'état $2s\,^3\Sigma$ et l'état instable $1s\,^3\Sigma$. Mais, il existerait, en outre, d'autres spectres continus S_1, S_2, ... correspondant aux transitions entre les états de vibration 1, 2, ... de $2s\,^3\Sigma$ et l'état $1s\,^3\Sigma$. Les deux écarts entre les courbes (2) et (3) qui correspondent, l'un à la région de longueur d'onde inférieure à 3400 Å, l'autre à la région de longueur d'onde supérieure, s'expliqueraient respectivement par la superposition au spectre S_0 des spectres S_1 et S_2.

DIFFUSION MOLÉCULAIRE. — *Sur deux nouvelles bandes Raman de l'eau.* Note de M. MICHEL MAGAT, présentée par M. J. Perrin.

En étudiant le spectre infrarouge de l'eau liquide, Ellis [3] a trouvé les bandes 5750 et 5590 qu'il a attribuées à une combinaison de bandes déjà connues avec une fréquence hypothétique de 510 cm^{-1} :

$$5750 = 3580 + 1640 + 510 ; \qquad 5590 = 3450 + 1640 + 510.$$

Cependant des recherches récentes [4] ont montré que la fréquence 3580

(1) Il doit cependant contenir les raies moléculaires de la région de Schumann Dans la région spectrale étudiée il ne contient que la première raie des séries principales du strontium et du baryum, raies d'impuretés provenant des oxydes du filament.

(2) CHALONGE, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1551.

(3) J. ELLIS, *Phys. Rev.*, 38, 1931, p. 582.

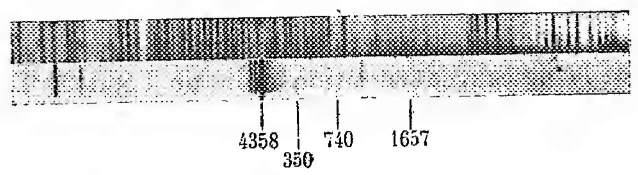
(4) HULUBEI, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1475.

n'existe pas. Suhrmann et Breyer (¹) ont retrouvé 5590 dans l'eau et dans certaines solutions, surtout de sels de Mg. Pour d'autres sels, elle disparaît aux grandes concentrations.

Ces deux auteurs ont admis que la fréquence 500 cm^{-1} est due aux oscillations des molécules d'eau dans des associations complexes.

Tandis que dans l'infrarouge cette fréquence est en somme hypothétique, et n'intervient que comme composante de combinaisons, Silveira et Bauer (²) observèrent directement une bande comprise entre 350 et 785 cm^{-1} dans le spectre Raman des solutions de sels de Mg.

Nous avons perfectionné la méthode utilisée par Silveira (³) en interposant sur le trajet de la lumière excitatrice un filtre constitué par une solution de bleu Victoria B à $0^g,700$ par litre d'alcool. Ce filtre absorbe complètement



Spectre Raman d'une solution de $Ca(NO^3)^2$ et LiCl.

le fond continu de la lampe à mercure et une grande partie de l'ultraviolet. Malheureusement il affaiblit aussi la raie excitatrice, ce qui conduit à des poses très longues.

Nous avons pu observer la bande de Silveira et Bauer dans l'eau pure ainsi que dans un mélange de $Ca(NO^3)^2$ et de LiCl, la raie excitatrice étant, comme d'habitude, la raie 4358 Å du mercure. Dans l'eau pure, nous l'avons retrouvée en excitant par 2537 Å.

Voici le résultat de nos mesures :

Eau pure	4358 Å............	396 — 796 cm^{-1}	fente très large
	2537 Å............	465 — 766 cm^{-1}	
$Ca(NO^3)^2$ + LiCl	4358 Å.......	350 — 740 cm^{-1}	
$MgCl^2$ (Silveira et Bauer)......		350 — 785 cm^{-1}	

Il semble qu'il existe un faible résidu de cette bande dans des solutions de $Ca(NO^3)^2$. Comme elle s'observe dans l'eau pure, il paraît impossible

(¹) Suhrmann et Breyer, *Z. f. phys. Chemie*, 20, 1933, p. 17.
(²) Silveira et Bauer, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 416.
(³) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1336.

de l'attribuer à la formation d'hydrates d'ions comme l'avaient proposé Silveira et Bauer, puis Suhrmann.

Il reste deux explications possibles :

Ou bien il s'agirait d'une fréquence de vibration d'une molécule complexe $(H^2O)^x$, mais dans ce cas le rapport de l'énergie du premier niveau de vibration (1700^{cal}) à l'énergie de dissociation donnée par la chaleur de vaporisation (10000^{cal} environ) paraît un peu faible; ou bien il s'agirait d'une fréquence interne de la molécule de l'eau, qui ne pourrait être alors que la fréquence interdite ν_δ. Nous aurions donc dans la molécule d'eau les trois fréquences

$$\nu_\sigma = 3500, \qquad \nu_\pi = 1595, \qquad \nu_\delta = 600,$$

ce qui n'est pas incompatible avec ce que nous savons des radicaux — CH^2 et — NH^2.

Il serait alors possible de donner des différentes bandes de la molécule d'eau une interprétation nouvelle, qui rend au moins aussi bien compte des faits que celle qui a été proposée par Mecke (¹).

	ν.	Mecke.			Interprétation nouvelle.		
		ν_σ.	ν_π.	ν_δ.	ν_σ.	ν_π.	ν_δ.
ν_0	600	—	—	—	0	0	1
ν_1	1595	0	0	1	0	1	0
ν_2	3152	0	0	2	0	2	0
ν_3	3500	—	—	—	1	0	0
ν_4	3756	1	0	0	0	2	1
ν_5	5332	1	0	1	1	0	3
ν_6	7253	1	1	0	1	2	1
ν_7	8807	1	1	1	2	0	3

Dans ce tableau le symbole 2 0 3, par exemple, signifie que la fréquence ν_7 est une combinaison d'addition du second harmonique de ν_σ et du troisième de ν_δ.

Nos clichés nous ont montré dans l'eau pure et dans des solutions une dernière bande Raman, qui avait échappé aux recherches précédentes et qui se trouve tout près du spectre de rotation de Cabannes et Daure. Elle est comprise entre 152 et 225 cm^{-1}. Nous l'avons trouvée dans l'ultraviolet aussi bien que dans le visible. Elle devient très étroite dans les chlorures, très large et floue dans les nitrates. Elle correspond à une énergie de vibration de 600^{cal} par molécule, ce qui permet de la considérer comme une fréquence d'association moléculaire.

(¹) MECKE, *Z. f. Physik*, 81, 1933, p. 313.

OPTIQUE. — *Sur la comparaison de la bande de transparence de l'argent métallique et de celle de l'argent colloïdal.* Note de M. **Paul Maréchal**, présentée par M. Ch. Fabry.

On connait depuis longtemps la bande de transparence que présente l'argent métallique en couche mince, dans la région de l'ultraviolet voisine de 3200, bande qui correspond à un minimum de pouvoir réflecteur.

Les solutions d'argent colloïdal employées en thérapeutique, formées de grains distincts, possèdent aussi une forte diminution d'opacité pour la même région. Il était intéressant de comparer ces deux formes sous lesquelles le métal peut exister et de voir comment elles se comportent quantitativement en ce qui concerne leur transparence. Il fallait donc obtenir des valeurs numériques caractérisant les bandes de transparence. On y est parvenu en utilisant une méthode de photométrie photographique.

On a opéré d'une part sur deux lames d'argent déposé sur quartz par projection cathodique. Leurs épaisseurs, déterminées par la méthode de Fizeau (couleurs des lames minces après transformation en iodure) étaient respectivement de 48 et $84^{m\mu}$. On a utilisé, d'autre part, des solutions d'argent colloïdal, sous des dilutions variées, contenues dans des cuves fermées par des lames de quartz. Les unes provenaient d'une solution mère, fournie à l'état liquide, sous le nom d'électrargol, les autres provenaient d'argent colloïdal en masse solide noire, fourni comme argent colloïdal (Poulenc).

La source de lumière était un tube à hydrogène sous pression de 3^{mm} de Chalonge et Lambrey, alimenté par courant alternatif, sous 2000 volts et 75 milliampères. Ce tube fournit un spectre continu, auquel on peut superposer le spectre d'un arc au mercure, afin d'avoir des raies de repère. La lumière est dispersée par un spectrographe à optique de quartz. On fait des poses de même durée, les unes avec interposition d'une solution ou d'une lame d'argent, les autres, avec des réducteurs d'intensité. Ces réducteurs étaient des lames de quartz recouvertes de dépôts de platine de diverses épaisseurs, et dont on avait antérieurement mesuré la transparence, très constante pour chacune d'elles dans toute l'étendue du spectre. Après développement des plaques photographiques, on mesure les noircissements des diverses poses pour chaque longueur d'onde et l'on en déduit l'absorption causée par la cuve ou la lame d'argent. On tient compte des pertes par réflexion.

Afin de pouvoir comparer entre eux les résultats obtenus dans chaque cas, on les a ramenés à ce que donnerait une lame d'argent d'épaisseur $10^{m\mu}$. Ce calcul est immédiat pour les lames sur quartz. Pour les solutions colloïdes, comme on connaît le titre de la solution introduite dans la cuve et l'épaisseur de celle-ci, on en déduit l'épaisseur de métal traversée par la lumière et l'on ramène l'absorption à la même épaisseur que pour les lames sur quartz.

Le tableau suivant donne, pour diverses longueurs d'onde, la densité optique d'une épaisseur de métal de $10^{m\mu}$, soit en couche métallique, soit en solution colloïdale. Les deux premières colonnes se rapportent à chacune des sortes d'argent colloïdal, la dernière est la moyenne des valeurs très concordantes des deux lames d'argent sur quartz. On constate que les deux sortes d'argent colloïdal ont la même absorption, identique d'ailleurs à celle de l'argent métallique.

λ.	Argent colloïdal. Électrargol.	Poulenc.	Argent métallique.
2600	0,27	0,28	0,28
2685	0,26	0,27	0,28
2735	0,24	0,25	0,25
2778	0,23	0,23	0,24
2835	0,19	0,20	0,22
2905	0,18	0,17	0,19
2990	0,14	0,14	0,16
3072	0,11	0,12	0,12
3110	0,11	0,11	0,11
3162	0,10	0,10	0,10
3210	0,10	0,11	0,10
3275	0,10	0,11	0,11
3365	0,14	0,13	0,13
3453	0,17	0,17	0,17
3535	0,22	0,21	0,20
3630	0,28	0,27	0,26
3730	0,35	0,37	0,35

Il faut donc conclure de cette égalité de pouvoir absorbant des différentes sortes d'argent, que l'absorption, dans le cas des solutions colloïdales, est bien due au passage de la lumière à travers le métal qui constitue les grains, et non, comme on aurait pu le penser, à la présence de grains opaques qui ne laissent entre eux que peu de chemin libre à la lumière.

OPTIQUE. — *Sur deux nouvelles séries de résonance dans la vapeur d'antimoine.* Note de M. **R. Siksna**, présentée par M. Maurice de Broglie.

En excitant la vapeur d'antimoine par un arc au mercure très intense Genard (1) a trouvé quatre séries de résonance de Sb^2. Les raies excitatrices sont λ2967, 3126, 3022 et 3132 Å. Deux autres séries plus faibles sont excitées par les raies λ 2925.5 et λ 3342 Å. La formule de ces séries de résonance de Sb^2, d'après Genard, est la suivante :

$$\nu = \nu_0 - 277\left(v'' + \frac{1}{2}\right) + 0,68\left(v'' + \frac{1}{2}\right)^2.$$

En étudiant l'optique de la vapeur de Sb nous avons trouvé deux nouvelles séries de résonance de Sb^2 en excitant la vapeur d'antimoine par la lumière d'une étincelle de Mg fortement condensée. La vapeur de Sb se trouvait dans une ampoule en silice munie de fenêtres plan-parallèles ainsi que d'un appendice latéral permettant de faire varier la pression. Deux fours électriques séparés permettaient de faire varier indépendamment la température et la pression de la vapeur dans le vase d'observation.

Les séries les plus intenses ont été observées pour la température de 950° C. et la pression correspondant à la même température.

Ces séries sont excitées par les raies MgII λ 2929 et λ 2937 Å. Dans chacune de ces séries, on observe un terme antistokesien et 15 termes positifs.

Les calculs, conduits par la méthode des moindres carrés, ont permis de déterminer les constantes des formules donnant la fréquence des différents termes. Pour la série excitée par λ 2929 MgII on a la formule

$$\nu = 34543 - 269,5\left(v'' + \frac{1}{2}\right) + 0,6\left(v'' + \frac{1}{2}\right)^2.$$

Pour la série excitée par λ 2937 MgII :

$$\nu = 34451 - 269,3\left(v'' + \frac{1}{2}\right) + 0,5\left(v'' + \frac{1}{2}\right)^2.$$

Le tableau suivant contient les longueurs d'onde des termes des séries, ainsi que les fréquences observées et calculées :

---

(1) Jean Genard, *Nature*, **131**, 1933, p. 133.

	Série excitée par la raie λ 2929 Mg II.			Série excitée par la raie λ 2937 Mg II.		
v''.	λ Å.	ν cm⁻¹ observé.	ν cm⁻¹ calculé.	λ Å.	ν cm⁻¹ observé.	ν cm⁻¹ calculé.
0....	2906	34411	34408	2914	34317	34317
1....	2929	34141	34140	2937	34048	34048
2....	2952	34875	34873	2960	33783	33781
3....	2975	33613	33607	2985	33501	33514
4....	2999	33344	33342	3008	33245	33255
5....	3023	33080	33078	3032	32982	32990
6....	3048	32808	32815	3056	32722	32727
7....	3072	32552	32554	3081	32457	32464
8....	3097	32289	32293	3106	32196	32197
9....	3122	32031	32034	3132	31928	31936
10....	3147	31776	31776	3157	31676	31676
11....	3172	31526	31519	3182	31427	31418
12....	3198	31269	31263	3207	31172	31160
13....	3225	31008	31008	3236	30903	30903
14....	–	–	–	–	–	–
15....	3279	30497	30502	3289	30404	30392
16....	3306	30248	30241	3318	30138	30139
17....	–	–	–	–	–	–
18....	3362	29744	29752	3373	29620	29633

Les formules ci-dessus indiquent que les deux nouvelles séries de résonance appartiennent, selon toute probabilité, au même système de niveaux énergétiques de la molécule Sb^2 que celles obtenues par Genard.

A mesure que la pression diminue, l'intensité des séries diminue et, à une pression correspondant à la température de 520° C., on voit apparaître un spectre beaucoup plus riche en raies. Le classement définitif de ces raies n'a pas pu être effectué jusqu'à présent.

RADIATIONS. — *Sur l'émission d'un rayonnement très mou par les isolants électrisés.* Note de M. G. **Reboul**, présentée par M. A. Cotton.

J'ai indiqué [1] que l'exposition de substances isolantes à l'action d'une cellule semi-conductrice les rend capables d'impressionner la plaque photographique, de provoquer des effets de phosphorescence invisible et d'ioniser les gaz. On peut obtenir des résultats analogues, par simple électrisation de

(1) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1733.

ces substances, leur retour à l'état neutre étant accompagné de l'émission d'un rayonnement très mou.

Les expériences ont été faites avec des substances isolantes usuelles : soufre, résine, paraffine, ébonite. Ces substances sont taillées en lames ou coulées dans des moules métalliques, de manière à former des galettes rectangulaires de quelques millimètres d'épaisseur et d'une dizaine de centimètres de côté; elles sont électrisées par frottement et acquièrent une charge dont on peut facilement suivre la disparition au moyen d'un électromètre.

Cette disparition est accompagnée de l'émission de radiations très absorbables : l'impression qu'elles produisent sur la plaque photographique, les effets de phosphorescence invisible qu'elles provoquent avec certaines substances sont faibles et ne peuvent être mis en évidence qu'après de longues poses. Leur action ionisante, au contraire, est facilement décelable et suffisamment nette pour permettre une étude du phénomène.

Les perturbations à éviter dans cette étude sont dues, soit aux effets d'influence produits par l'introduction d'isolants dans un champ électrique, soit à la lenteur du rétablissement de l'équilibre thermique troublé par le frottement des substances isolantes. On se met à l'abri des premières, en utilisant des écrans en fine toile métallique qui suppriment les perturbations électrostatiques et laissent passer le rayonnement ionisant. Quant aux deuxièmes, il est impossible de les éviter : leur présence ne peut expliquer la grandeur, ni parfois le sens, des résultats obtenus, elle entraîne simplement une correction de ces résultats, correction dont on détermine la valeur par des expériences préalables faites avec les isolants non électrisés.

La conduite des expériences a été faite de trois manières différentes, l'appareil de mesure étant un bon électromètre, les conclusions sont les mêmes dans les trois cas. Les propriétés ionisantes des isolants électrisés persistent parfois pendant des heures et diminuent avec le temps suivant une formule se ramenant à une somme d'exponentielles. Les charges extraites augmentent avec le champ extracteur, mais moins vite que ce dernier sans que l'on puisse toutefois obtenir un courant de saturation; les charges négatives extraites sont en général plus fortes que les positives, cette dissymétrie tenant à ce que les substances étudiées sont en général chargées négativement. L'ionisation disparaît si la distance qui sépare la substance électrisée de la chambre d'ionisation dépasse quelques millimètres.

Pour expliquer les résultats, on peut admettre qu'il se produit à la sur-

face de séparation de l'isolant électrisé et du milieu environnant des décharges électriques accompagnées de l'émission d'un rayonnement très mou; on peut aussi supposer que le retour à l'état neutre des substances diélectriques est lié au rétablissement de l'équilibre électronique des atomes qui les constituent, ce rétablissement étant accompagné, comme le veut la théorie, d'une émission de radiations très absorbables.

RADIATIONS. — *Étude dans un spectrographe à vide du rayonnement des cellules semi-conductrices*. Note de M. **G. Déchêne**, présentée par M. A. Cotton.

MM. Reboul et Bodin ont montré que, lorsqu'un courant électrique traverse une substance semi-conductrice, des discontinuités du potentiel se forment au contact des électrodes; aux tensions élevées (quelques centaines ou quelques milliers de volts), si l'une des électrodes est constituée par une grille, elle est le siège de l'émission d'un rayonnement absorbable. Je me suis proposé d'analyser ce rayonnement.

Méthode utilisée. — La méthode est celle du réseau tangent. Le réseau est en verre; sa largeur utile est 6^{mm}; il porte 100 traits par millimètre. La substance semi-conductrice est comprimée dans un moule d'ébonite. La grille métallique qui appuie sur cette substance est reliée au corps du spectrographe. La tension est amenée à l'autre électrode par un fil métallique qui traverse un tube rempli de paraffine; on évite ainsi les décharges dans l'air raréfié de l'appareil. Le faisceau lumineux, avant de tomber sur le réseau, est limité par deux fentes éloignées de 8^{cm}. Une plaque photographique, placée en général à $47^{cm},6$ du centre du réseau, reçoit une partie du faisceau direct, le faisceau réfléchi et les faisceaux diffractés.

Difficultés rencontrées et précision obtenue. — Après fonctionnement de la cellule, on observe sur la plaque photographique un voile uniforme intense; le rayonnement qui produit ce voile contient une forte proportion de radiations absorbables, car une lame de verre en arrête la majeure partie. On peut expliquer l'origine de ce rayonnement de la façon suivante : Une partie du courant électrique passe de la substance semi-conductrice à la grille à travers un effluve dans une mince couche d'air au contact de la cellule; cette couche d'air présente en effet une luminosité violacée, particulièrement intense pour une pression de quelques centimètres de mercure. L'air qui a été traversé par l'effluve et qui diffuse ensuite dans l'appareil

est photographiquement actif; on peut montrer directement que l'air aspiré au voisinage d'une cellule semi-conductrice en fonctionnement impressionne la plaque photographique (¹).

Par suite de la présence de ce voile continu, les traces des faisceaux diffractés ne sont visibles que si le rayonnement à étudier est intense. De nombreuses expériences ont montré qu'il fallait réaliser les conditions suivantes :

a. La tension doit être élevée (quelques milliers de volts).

b. La grille métallique ne doit pas être fortement serrée sur la substance.

c. Le vide ne doit pas être très poussé; une pression de l'ordre d'une fraction de millimètre convient bien; dans le vide cathodique, tout effet disparaît pratiquement. Ces dernières conditions semblent prouver que l'origine du rayonnement agissant sur la plaque se trouve en majeure partie dans la couche d'air traversée par l'effluve.

d. Le temps de pose doit être de 10 à 12 heures pour les plaques sensibles utilisées (Lumière Opta); pour des poses plus courtes, l'impression photographique est insuffisante; lorsque la pose est trop longue, la plaque est considérablement voilée.

e. Les fentes qui limitent le faisceau ont été prises assez larges (1^{mm}); dans ces conditions, à chaque radiation correspond sur la plaque, non une raie fine, mais une bande ($0^{mm},5$ environ); la précision des mesures ne dépasse pas quelques angströms.

Résultats : Les substances utilisées ont été l'oxyde jaune de mercure et le carbonate de sodium effleuri. Dans de nombreux cas, on n'a obtenu qu'une bande diffractée A s'étendant de 50 à 170 angströms environ, parfois accompagnée d'une bande étroite B au voisinage de 20 augströms (peut-être $K_\alpha O = 23,8$ Å). Sur quelques clichés, où l'impression est plus intense, la bande A s'élargit; du côté des grandes longueurs d'onde, elle atteint 200 angströms; du côté des faibles longueurs d'onde, elle recouvre et dépasse la bande B; sa limite, imprécise à cause de l'irradiation des faisceaux direct et réfléchi, est inférieure à 10 angströms; en même temps, on voit apparaître une nouvelle bande moins intense dont les limites sont environ 250 et 700 angströms. Il faut remarquer d'ailleurs que la précision de la méthode ne permet pas de distinguer un spectre continu d'un spectre formé de nombreuses radiations monochromatiques voisines.

Les résultats ainsi obtenus concordent avec ceux des mesures de l'absorp-

(¹) G. Reboul, *Journal de Physique*, 7, 1933, p. 8.

tion du rayonnement par l'air; ces dernières mesures montrent que le rayonnement est complexe, la partie pénétrante étant située vers 10 Å pour les tensions élevées; en opérant à basse pression, M. Reboul ([1]) a mis en évidence dans le rayonnement des cellules la présence de radiations de plusieurs centaines d'angströms.

RADIATIONS. — *Photométrie de la fluorescence d'un jet d'atomes de cadmium : Durée moyenne de vie de l'état* 2^3P_1. Note de M. **Paul Soleillet**, transmise par M. Pierre Weiss.

Quand on excite la fluorescence d'un jet d'atomes de cadmium à l'aide des raies d'arc de ce métal, la région lumineuse du jet est étalée à partir de la région excitée dans la direction de la vitesse des atomes. Un peu avant que je publie des résultats qualitatifs ([2]) sur le rôle distinct des radiations de résonance de longueur d'onde $\lambda = 3261$ Å et $\lambda = 2288$ Å, Kœnig et Ellett ([3]) publiaient aux États-Unis des résultats quantitatifs qui leur permettaient, par un artifice ingénieux mais indirect, de retrouver la durée moyenne de vie de l'atome de cadmium à l'état 2^3P_1. Cette dernière quantité a pu en effet se déduire d'études antérieures sur l'influence du champ magnétique sur la polarisation de la lumière émise par résonance dans la vapeur de cadmium ([4]). Il m'a paru néanmoins intéressant de réaliser, comme je me l'étais auparavant proposé, l'étude photométrique de la région fluorescente dans un jet d'atomes excité par la seule radiation 3261 Å, de façon à obtenir d'une manière directe la durée moyenne de vie τ à l'état 2^3P_1.

Il convient d'ailleurs de préciser l'état du champ magnétique et de choisir ce dernier convenablement. Dans les mesures que j'ai faites, un champ magnétique d'une fraction de gauss est dirigé suivant la direction d'excitation, la lumière excitatrice étant non polarisée. Dans ce cas la polarisation de la lumière émise dans une direction donnée ne dépend pas du temps passé entre l'instant d'excitation et celui de l'émission, elle est la même dans toute la région de fluorescence. C'est la condition pour que

([1]) G. Reboul, *Journal de Physique*, 7, 1926, p. 275.
([2]) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 793.
([3]) Kœnig et Ellett, *Physical Review*, 39, 1932, p. 576.
([4]) *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 212; Ellett, *Physical Review*, 33, 1929, p. 124.

l'intensité I_v de la fluorescence due aux atomes de vitesse voisine de v soit donnée par la formule suivante :

$$I_v = \mathcal{J}_v e^{-\frac{x}{v\tau}} \frac{dx}{v\tau},$$

x étant la distance comptée à partir de la région excitée très étroite, de 1 à 2 dixièmes de millimètre d'épaisseur dans les expériences.

Une mesure photométrique correcte peut être réalisée ainsi. Avant d'atteindre l'objectif de l'appareil photographique, la lumière traverse successivement deux cubes de Wollaston. Le premier posé horizontalement sépare le faisceau en deux, l'un vibrant verticalement et contenant presque toute la lumière, l'autre vibrant horizontalement. Le deuxième cube a été tourné autour de la direction d'observation d'un angle calculé pour décomposer chacun des faisceaux en deux autres d'intensités dans un rapport donné 2 ou e. On mesure au microphotomètre en fonction de x le noircissement de chacune des deux taches correspondant à la vibration verticale. On peut en déduire la distance Δx à parcourir dans le sens du jet pour que l'intensité de la fluorescence décroisse dans le rapport $1/2$ ou $1/e$.

Or la loi de variation d'intensité peut être obtenu théoriquement à partir de la loi de distribution des vitesses de Maxwell.

Posant $v_0 = \sqrt{2kT/m}$ vitesse la plus probable d'un atome de cadmium dans la vapeur à température T, et $y = x/v_0\tau$, on peut calculer la quantité Δy qui correspond à la réduction de l'intensité dans le rapport $1/2$ ou $1/e$.

La moyenne des résultats pour $\Delta x/\Delta y$ est $0^{cm},08$.

Comme $T = 600°K.$, $v_0 = 3,27 . 10^4$ cm/sec.

On en déduit pour τ la valeur $2,45 . 10^{-6}$ sec.

Ce nombre est nettement supérieur à $2 . 10^{-6}$ obtenu par moi-même à la suite de mesures de dépolarisation. Il se rapproche de celui plus élevé $2,3 . 10^{-6}$ obtenu par Ellett suivant la même méthode et de celui obtenu par Kœnig et Ellett dans le Mémoire cité plus haut $2,5 . 10^{-6}$.

Je rappellerai que la méthode de dépolarisation fournit en réalité le rapport $g\tau$, g étant le facteur de Lande, rapport entre la rotation du vibrateur dans le champ magnétique à la rotation classique de Larmor. Théoriquement le niveau excité étant le niveau 2^3P_1, la valeur de g est $3/2$. C'est cette valeur qui est utilisée pour le calcul de τ dans la méthode de dépolarisation. L'accord entre les deux méthodes, aux erreurs d'expérience

près, fournit une confirmation expérimentale de la valeur de g et de la théorie d'Elridge (1) de la dépolarisation sous l'influence du champ magnétique.

RADIOACTIVITÉ. — *Étude de l'absorption des rayons β par une méthode photographique.* Note de Mlle **R. Macaigne**, présentée par M. Jean Perrin.

Le caractère exponentiel de l'absorption des rayons β du radium E par la matière a été étudié par M. Georges Fournier et M. M. Guillot (2) par la méthode de la chambre d'ionisation associée au quartz piézo-électrique.

Nous présentons une méthode nouvelle mettant en jeu comme détecteur de rayonnement une plaque photographique :

1° Un *coin* d'aluminium de $5^{cm} \times 2^{cm}$, avec une pente de 1/10e dans le sens de la longueur, est placé directement sur la surface sensible d'une plaque. La source des rayons β (RaD + E), recouverte de mica mince, est placée à 7^{cm} de la plaque. L'ensemble est rigoureusement protégé de la lumière. Pose, 71 heures. La plaque est développée dans des conditions bien déterminées. On obtient un dégradé traduisant une absorption progressive du rayonnement dans le coin.

2° De ce type négatif A nous tirons, dans des conditions également bien déterminées, et par contact direct, un positif B dans lequel, par conséquent, les parties claires correspondent aux faibles épaisseurs du coin absorbant (intensité maxima du rayonnement atteignant la plaque), ce qui est préférable pour la suite.

3° Nous enregistrons à l'aide d'un microphotomètre (type Chalonge et Lambert) l'opacité dégradée du cliché B. On obtiendrait ainsi directement une courbe d'absorption des rayons β du radium (D + E) dans le coin d'aluminium, telle qu'elle peut être décelée par la plaque photographique :

a. Si les plaques utilisées pour les clichés A et B avaient des courbes de noircissement linéaires;

b. Si le microphotomètre était utilisé dans une région où ses indications sont proportionnelles aux intensités lumineuses transmises par la plaque étudiée.

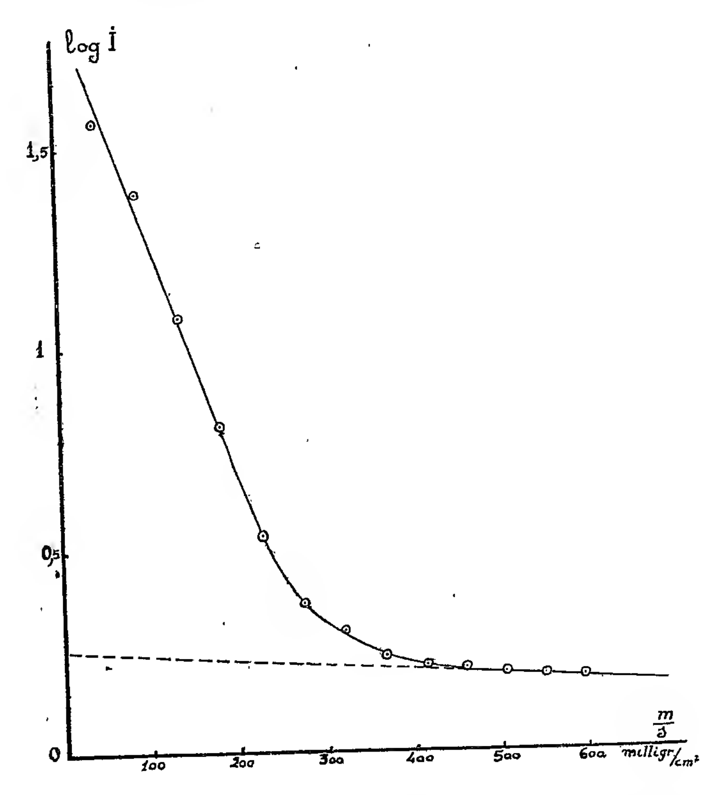
---

(1) Elridge, *Physical Review*, 24, 1924, p. 234.

(2) *Sur l'absorption exponentielle des rayons* β *du* Ra E (*Collections d'actualités scientifiques*, Hermann, édit., Paris, 1933).

Nous avons pu nous assurer par l'enregistrement d'un coin photométrique spécial Ilford que la condition *b* est remplie.

Les travaux de Ellis et Wooster [1] d'une part, et de Bothe [2] d'autre part, ont montré que, pour de faibles densités de noircissement de la plaque photographique par les rayons β, on pouvait appliquer la loi de noircissement de Schwarszchild. La partie étudiée du cliché A étant justement la région des faibles densités, nous admettrons que la condition *a* est remplie pour le cliché A avec l'approximation que comporte l'étude expérimentale



de ces clichés. Il n'en est pas de même dans le cas du positif B pour toute l'étendue de la courbe, et, par conséquent, la courbe d'absorption obtenue doit être corrigée en tenant compte de l'écart qui existe entre la courbe expérimentale de noircissement de la plaque et la droite théorique de noircissement linéaire.

(1) *Proc. Roy. Soc.*, A, 114, 1927, p. 266.
(2) *Zeit. f. Phys.*, 8, 1922, p. 243.

Nous n'entrerons pas dans le détail de cette correction. Voici le résultat obtenu pour la courbe corrigée et traduite en logarithmes. Cette courbe est tout à fait analogue à celles qui sont obtenues par la méthode d'ionisation. Le relèvement final dû au rayonnement γ de la source semble seulement prendre ici plus d'importance, en partie parce que nous réduisons l'intensité du rayonnement initial dans une plus forte proportion.

Si l'on extrapole linéairement vers l'origine cette partie finale de la courbe d'absorption, et si, en repassant des logarithmes aux nombres, on retranche du rayonnement total l'effet du rayonnement γ, on obtient une droite en repassant aux logarithmes. La pente de cette droite est la même que celle de la droite analogue, représentant l'absorption exponentielle des rayons β du radium E, obtenue par ionisation.

Ce résultat semble indiquer que la plaque photographique et la chambre d'ionisation traduisent d'une manière analogue l'effet *global* du rayonnement étudié. Dans une certaine mesure il confirme aussi la signification physique et la valeur numérique (16,9) du coefficient massique d'absorption dans l'aluminium des rayons β du radium E tel qu'il a été étudié antérieurement par la méthode d'ionisation [1].

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Structure des molécules des polyalcools d'après leur dispersion et leur absorption dans le Hertzien. Associations moléculaires.* Note de MM. **Pierre Girard** et **P. Abadie**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans deux Notes précédentes [2], nous avons vu que, pour les monoalcools primaires et secondaires, les expressions de Debye relatives à la dispersion et à l'absorption dans le Hertzien étaient en assez bon accord avec l'expérience. Il n'en était plus de même pour les polyalcools. Ce désaccord est, à l'origine des présentes recherches, qui sont relatives au glycoléthylénique, à la glycérine, à la xylite et à la sorbite.

Association. — Les figures 1 et 2 représentent les courbes de dispersion et d'absorption de la glycérine et de la sorbite (liquide). Les courbes en pointillé sont celles calculées à partir des relations de Debye en attribuant au rayon de la molécule supposée sphérique une valeur telle que ces

---

(1) Cf. Georges Fournier, *Thèse*, Paris, 1927, et note (2), p. 1993.

(2) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 119, et 195, 1932, p. 217.

courbes concordent le mieux possible avec les courbes expérimentales. Si nous comparons les deux sortes de courbes (expérimentales et calculées), nous voyons que les ondulations et la pente des courbes de dispersion de la glycérine (à 27° et 40°), l'aplatissement, les ondulations et la pente des courbes d'absorption traduisent la présence dans le milieu de deux sortes de dipôles, les uns simples, les autres associés 2 à 2 et latéralement accolés. Vraisemblablement, au delà de 50°, les courbes expérimentales se confondraient avec les courbes théoriques et l'association s'effacerait. Les

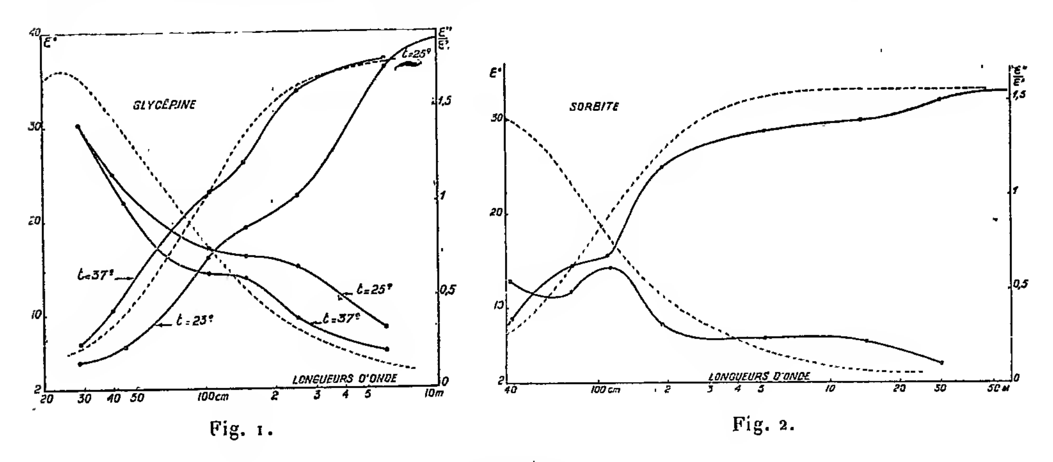


Fig. 1. Fig. 2.

courbes expérimentales de la sorbite fondue à 80° montrent l'existence de dipôles simples, de dipôles associés 2 à 2, 3 à 3 et peut-être 4 à 4. Nous ne pouvons reproduire ici les courbes du glycoléthylénique qui montre à 20° une faible association et de la xylite qui montre à cette température une assez forte association.

Temps de relaxation. — Nos comparaisons ont porté sur les valeurs que l'expérience conduit à attribuer à a dans l'expression du temps de relaxation

$$\tau = \frac{4\pi\eta a^3}{3kT}$$

relative à des molécules sphériques. Leur légitimité résulte de ce que l'expérience nous a montré que cette valeur de a est, pour un corps donné, complètement indépendante de la température et de la viscosité même pour des variations énormes de ces deux facteurs. Bien entendu si les molécules n'étaient pas sphériques il faudrait affecter la viscosité η d'un autre coefficient pour exprimer le frottement. Mais ce coefficient resterait constant pour d'énormes variations de viscosité, en sorte que pour des molécules de

même forme géométrique les valeurs de a resteront toujours proportionnelles au temps de relaxation de la molécule indépendamment de la viscosité et de la température du milieu. C'est ce qui justifie nos comparaisons. Ajoutons que les valeurs de a, calculées en utilisant la première courbe de dispersion ou celle calculée en utilisant une courbe tracée en reliant entre eux des points de courbes de dispersion superposées, coïncident à très peu près. Le tableau suivant montre la loi des variations de a en fonction du nombre de groupements alcools figurant dans la molécule :

Tableau

Alcool méthylique	1,7	$.10^{-8}$ cm
Glycol éthylénique	0,7	»
Glycérine	0,5	»
Xylite	0,35	»
Sorbite	0,26	»

Ainsi le temps de relaxation des polyalcools décroît proportionnellement au nombre de dipôles élémentaires figurant dans la molécule. Pour expliquer ce résultat paradoxal deux hypothèses sont possibles. On peut supposer que les molécules sont sphériques mais d'autant plus lisses que leur masse décroît (le coefficient de frottement variant lui-même avec le rayon). Ce que nous avons dit de l'association exclut cette hypothèse. Reste une interprétation géométrique. Alors que pour les monoalcools le bon accord des valeurs de a avec les valeurs attribuées par la théorie cinétique conduit à supposer les molécules sphériques, nous devons au contraire nous représenter les polyalcools comme des molécules cylindriques ou ellipsoïdales et d'autant plus allongées qu'elles grouperont plus de fonctions alcool. Si leur plan d'oscillation est perpendiculaire au grand axe on comprend que même dans un milieu extrêmement visqueux le temps de relaxation puisse être très petit. Lorsque les molécules s'associent latéralement en conservant leur polarité, la loi de variation de a est très simple et conforme à ce qu'on peut attendre. C'est ainsi que pour les molécules de glycérine associées 2 à 2, a qui devrait être égal à 1.10^{-8} cm est égal en fait à $0,90 \times 10^{-8}$ cm pour les molécules de sorbite également associées 2 à $2a$ qui devrait être égal à $0,50 \times 10^{-8}$ cm est bien égal à $0,50 \times 10^{-8}$ cm.

Nous sommes peu renseignés sur la loi de variation du temps de relaxation de corps cylindriques ou ellipsoïdaux en fonction de la valeur du rapport du petit axe au grand axe. Il est possible que le calcul et l'expérience montrent, pour rendre compte de la loi tirée du tableau, la nécessité d'hypothèses complémentaires relatives à la structure.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Diffusion de l'hydrogène à travers le palladium. Influence de la pression, de la température et de l'état de pureté du métal.* Note de MM. **Victor Lombard** et **Charles Eichner**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons fait des mesures de diffusion avec quatre lames de palladium commercial amenées à leur état de « diffusion normale » (voir *Bull. Soc. chim.*, 51, 1932, p. 1470) par chauffage prolongé vers 500° C. dans un courant d'hydrogène électrolytique non purifié. Ces lames provenaient de deux lingots différents que pour la commodité nous désignerons ici sous les noms de palladium *b* (lames de $0^{mm},097$, $0^{mm},099$, $1^{mm},027$ d'épaisseur) et de palladium *c* (lame de $1^{mm},027$) réservant celui de palladium *a* au lingot d'où provenaient les lames de $0^{mm},199$, $0^{mm},105$ et $0^{mm},051$ de nos recherches antérieures (*Comptes rendus*, 195, 1932, p. 322; *Bull. Soc. chim.*, 51, 1932, p. 1462-1486).

I. Influence de la pression : *Premier cas.* — Diffusion de H^2 d'une enceinte où il est sous une pression P dans une autre enceinte vide de gaz. — Nos essais avec les lames de $0^{mm},097$ et $0^{mm},099$ en faisant varier P entre quelques millimètres de Hg et la pression atmosphérique ont conduit à la formule $D = KP^{0,56}$, alors que les déterminations antérieures avaient donné : $D = KP^{0,7}$ [Winkelmann (1)], $D = KP^{1}$ [Schmidt (2), Holt (3)], $D = KP^{0,8}$ et $D = KP^{0,62}$ [premiers essais des auteurs (4)].

Mais les essais avec la lame de $1^{mm},027$, sous des pressions P comprises entre quelques millimètres de Hg et 26^{kg} à 490°-570° et 617° C., ont conduit à la formule $D = KP^{0,5}$ trouvée avec tous les autres métaux dont on a jusqu'ici étudié la perméabilité aux gaz.

Deuxième cas. — Diffusion dans une enceinte contenant de l'hydrogène sous une pression p (constante) $< P$. — Nous avons fait trois séries de mesures à 492°-570° et 617° C. en faisant diffuser l'hydrogène dans une enceinte pleine de ce gaz sous la pression atmosphérique et en faisant varier P entre 2 et 26^{kg}.

La représentation graphique de nos résultats nous a montré que dans ce cas la vitesse de diffusion est de la forme

$$D = K(P^{0,5} - p^{0,5}).$$

(1) *Ann. Physik*, 4e série, 6, 1901, p. 101.
(2) *Ann. Physik*, 4e série, 13, 1904, p. 747.
(3) *Roy. Soc. Lond.*, A, 91, 1914, p. 148.
(4) Victor Lombard et Charles Eichner, *Bull. Soc. chim.*, 51, 1932, p. 1462.

II. Influence de la température. — α. Les mesures avec les lames de $0^{mm},097$, $0^{mm},099$ et $1^{mm},027$ (palladium *b*) faites entre 380° et 612°C. (diffusion dans le vide — P = 1^{atm}) ont indiqué des vitesses de « diffusion spécifique » (cm³, heure, cm², mm épaisseur) dont la représentation graphique a donné une courbe de formule

(*b*) $$D_{SN} = 6,607 . 10^{0,00172\,t} \quad (t = \text{température centigrade}),$$

alors que celles faites autrefois avec les lames de $0^{mm},199$, $0^{mm},105$ et $0^{mm},051$ (palladium *c*) entre 250° et 600°C. avaient donné une courbe de formule

(*a*) $$D_{SN} = 3,177 . 10^{0,00207\,t}.$$

β. Les essais avec la lame de $0^{mm},307$ (palladium *c*) faits entre 350° et 850°C. ont donné des résultats qui, pour être exprimés exponentiellement, nécessitent deux formules :

(c_1) $$D_{SN} = 4,325 . 10^{0,00198\,t} \quad (350° < t < 600°\text{C.}),$$
(c_2) $$D_{SN} = 15,85 . 10^{0,00102\,t} \quad (600° < t < 850°\text{C.}),$$

mais qui s'expriment d'une façon très satisfaisante entre les limites de nos expériences (350°-850° C.) par la formule

(c_R) $$D_{SN} = 20,73 . T^{\frac{1}{2}} . e^{\frac{2022}{T}}$$

[application de la formule théorique de Richardson (1)].

III. Influence de l'état de pureté du métal. — La comparaison des formules (*a*), (*b*), (c_1), (c_2) et (c_R), entre les limites de températures où elles sont applicables, montre que la perméabilité du palladium à l'hydrogène est considérablement influencée par l'état de pureté du métal (2).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Remarques sur l'étude de la corrosion des métaux et la corrosion des divers alliages de magnésium.* Note de MM. **A. Portevin**, **P. Bastien** et **M. Bonnot**, présentée par M. L. Guillet.

L'étude de la corrosion, dans divers milieux acides et salins, des alliages Mg-Al-Cu et Mg-Cu-Si, dont nous avons établi la constitution antérieure-

(1) Richardson, *Phil. Mag.*, 7, 1904, p. 268; Richardson, Nicol et Parnell, 8, 1904, p. 1.

(2) Tous détails sur le présent travail seront donnés dans un prochain Mémoire.

ment ([1]), a été l'occasion de remarques d'ordre général que nous avons jugé intéressant de signaler.

La caractérisation de la corrosion d'un alliage dans un réactif à une température donnée présente des difficultés provenant de ce que le résultat est fonction du mode opératoire; en raison de l'intervention, notamment des phénomènes de diffusion, de convection et de dégagement gazeux, l'intensité de la corrosion varie dans le temps avec la surface, la disposition et la forme des échantillons, la vitesse de circulation du liquide d'attaque, etc., de sorte que l'on ne peut arriver à définir pour chaque alliage un coefficient

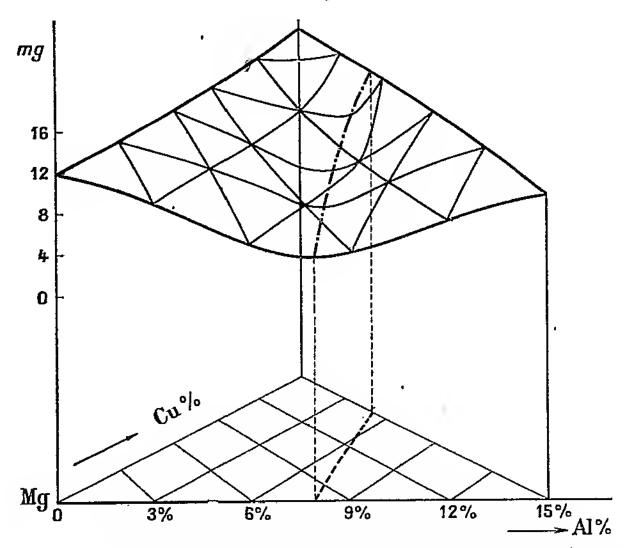


Fig. 1. — Surface des vitesses de corrosion des alliages Mg-Al-Cu dans une solution d'acide chlorhydrique à 1 %.

unique ([2]). Nous nous sommes attachés à obtenir une vitesse de corrosion constante dans le cas de dissolution simple en réalisant des conditions identiques à chaque instant et en tout point de la surface de l'échantillon : pour cela, on opère dans un courant liquide coaxial à l'échantillon cylindrique et de vitesse suffisante ([3]); l'expérience nous a montré que pour les corrosions étudiées, la courbe représentant l'attaque (définie par le dégagement

([1]) A. PORTEVIN et P. BASTIEN, *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 441; A. PORTEVIN et M. BONNOT, *ibid.*, **196**, 1933, p. 1603.

([2]) A. PORTEVIN et E. PRETET, *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 125.

([3]) Perfectionnement de l'appareil Thyssen-Bourdouxhe décrit dans la *Revue universelle des Mines*, 7e série, **19**, 1928, p. 63.

gazeux l'accompagnant) devient *rectiligne et d'inclinaison constante*, lorsque, dans ces conditions, la vitesse dépasse 4,6 m/mn. Le coefficient de corrosion est alors défini par la pente de la droite unique représentant la vitesse de corrosion constante pour les vitesses de circulation égales ou supérieures à cette limite. On peut donc ainsi :

1° Caractériser chaque alliage par un coefficient unique dans le cas de dissolution simple.

2° Mettre en évidence les phénomènes compliquant celui de dissolution simple : notamment toutes les modifications d'état de surface (polarisation, passivité) ; la courbe cesse d'être une droite inclinée, toute perturbation à la loi linéaire traduit l'intervention d'un phénomène supplémentaire.

Cette technique nous a montré, en particulier, pour les alliages étudiés :

A. Que la vitesse de corrosion des alliages ternaires Mg-Al-Cu, riches en magnésium, dans l'acide chlorhydrique dilué, peut être représentée par une surface présentant une vallée dont le thalweg en projection correspond à une des limites du domaine de la solution solide ternaire riche en magnésium (*fig.* 1). L'addition d'aluminium diminue la corrosion jusqu'à l'appa-

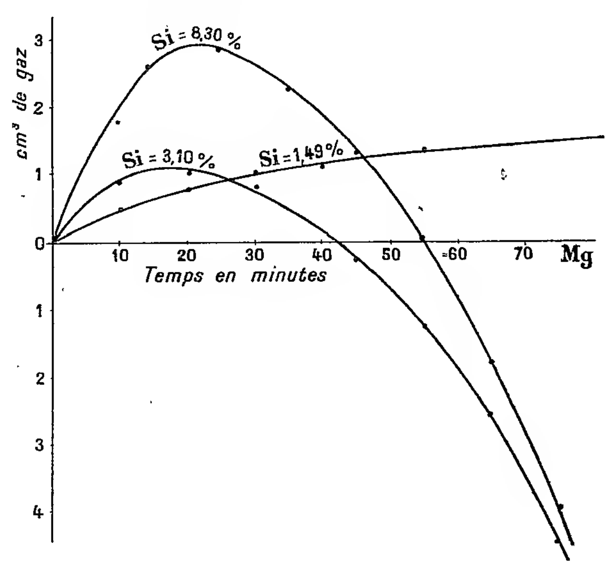


Fig. 2.

rition du deuxième constituant. Dans une solution saline ($MgCl^2 N/2$), le résultat est identique; par contre, dans l'acide citrique dilué, la vitesse de corrosion décroît constamment en fonction de la teneur en aluminium indiquant la formation d'une couche protectrice superficielle.

B. Que la vitesse de corrosion initiale dans l'acide chlorhydrique dilué des alliages magnésium-silicium (tangente à l'origine) croît avec la teneur en silicium. Mais la courbe de corrosion n'est pas rectiligne : d'après ce que nous venons de dire, on peut en déduire qu'il y a tendance à l'autoprotection par le composé Mg^2Si présent dans l'alliage, qui forme couche superficielle, couche pouvant être dissoute par l'acide fluorhydrique avec dégagement de SiH^4 spontanément inflammable. Si l'on recommence alors la corrosion, on retrouve une courbe superposable à la première. Ceci est nettement visible sur les courbes différentielles par rapport au magnésium (*fig.* 2), pris comme métal de référence. Ainsi l'effet du silicium sur la corrosion du magnésium est une accélération compliquée par l'intervention d'une influence protectrice de Mg^2Si.

Alors que l'addition de l'aluminium diminue d'abord la corrosion pour la faire croître ensuite, le silicium accélère d'abord la corrosion pour la diminuer ensuite. Ceci constitue une bonne illustration des deux règles concernant la corrosion des alliages que nous avons appelées : règle d'homogénéité et règle d'autoprotection [1].

MÉTALLURGIE. — *Résistance à la corrosion par l'eau de mer de certains alliages aluminium-magnésium.* Note de MM. **E. Herzog** et **G. Chaudron**, présentée par M. H. Le Chatelier.

On sait (*Congrès de Chimie Industrielle*, 1928; *Chimie Ind.*, 21, 1928, p. 335; *Comptes rendus*, 189, 1928, p. 1087) que les alliages, du même genre que le duralumin, se corrodent suivant trois modes que l'on peut distinguer nettement par les essais mécaniques : *a*, attaque uniforme au cours de laquelle on n'observe aucune diminution des caractéristiques mécaniques; *b*, corrosion par piqûres qui provoque une diminution rapide de l'allongement sans changement notable de la charge de rupture, *c*, enfin l'attaque intercristalline qui affecte simultanément ces deux propriétés. Nous avons cherché, dans ce travail, à mettre en évidence les constituants responsables dans ces alliages, de ces deux derniers modes de corrosion.

Les essais sont effectués sur des tôles d'une épaisseur de 1^{mm}; l'attaque par l'eau de mer naturelle est accélérée suivant trois techniques précédemment décrites par l'un de nous [2] : *a*, l'essai par attaque anodique est d'une

---

[1] A. Portevin, *Conférence faite à Lille*, le 17 avril 1930.

[2] Herzog, *Thèse*, Lille, 1932, Gauthier-Villars, éditeur.

durée de 4 jours; *b*, l'essai sous pression d'oxygène est de 8 jours; *c*, enfin par immersion et émersion alternées, les expériences durent cinq mois.

On constate que les alliages contenant à la fois du magnésium et du silicium sont particulièrement sensibles à la corrosion intercristalline après une trempe et un revenu qui provoque une précipitation de Mg^2Si. Il semblerait que ce composé forme une pellicule autour des grains cristallins, car on diminue la gravité de l'attaque par un recuit amenant une coalescence de Mg^2Si. Par addition de manganèse il est possible d'empêcher les effets de trempe et de revenu; donc, de gêner plus ou moins totalement la précipitation de Mg^2Si, et il en résulte que l'alliage n'est plus susceptible de s'attaquer entre les cristaux.

Un alliage renfermant du magnésium et seulement des traces de silicium ne subit, s'il contient du cuivre, que la corrosion par piqûres.

On se trouve donc réduit, si l'on veut obtenir un alliage résistant à la corrosion, à éliminer le cuivre et le silicium et à rechercher les qualités mécaniques par des additions importantes de magnésium.

Les alliages formés d'aluminium et de magnésium purs peuvent être laminès vers 400°; nous donnerons, à titre d'exemple, les propriétés mécaniques de deux de ces alliages :

a. L'alliage à 6 pour 100 de Mg et moins de 0,15 de Si donne après recuit, à 450°, $R = 30$ kg/mm² et $A = 28$ pour 100.

b. L'alliage contenant 9,5 de Mg et 0,2 de Si (impureté) donne, après trempe à l'air à 420°, $R = 38$ kg/mm² et $A = 30$ pour 100.

Ce dernier alliage est susceptible de subir un revenu, nous nous proposons de préciser les conditions dans un Mémoire plus complet; il semble bien alors rester inattaquable malgré son hétérogénéité.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les sulfures de zirconium.*
Note de M. **Picon**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Les recherches effectuées jusqu'ici sur les sulfures de zirconium n'ont donné lieu qu'à des résultats qualitatifs; en appliquant la méthode de préparation que nous avons antérieurement décrite pour divers sulfures métalliques, nous avons pu isoler trois composés du zirconium cristallisés et nettement définis : S^2Zr, S^5Zr^3 et S^3Zr^2.

Nous faisons réagir l'acide sulfhydrique à haute température sur l'oxyde, en utilisant un four à résistance de carbone étanche aux gaz à la pression atmosphérique jusque vers 3000°. La zircone est mise dans une nacelle de graphite et l'on constate que la formation de sulfure n'a lieu qu'au-dessus de 1100°. On chauffe donc progressivement de 1100° à 1200° pendant une demi-heure. On observe qu'il se produit des fumées et souvent aussi un corps pyrophorique. La chauffe est menée de façon à éviter un trop fort dégagement de fumées, ce qui amènerait des pertes notables de zirconium. On élève ensuite la température à 1600° pendant une demi-heure, puis le même temps à 1700°. Il se forme ainsi un composé fondu, bien cristallisé qui correspond très exactement à la formule S^5Zr^3. Le graphite intervient dans la réaction, car la nacelle subit, en général, une perte de poids très nette. Le produit est cependant exempt de carbone.

Il suffit ensuite de traiter le composé ainsi obtenu, préalablement pulvérisé, par un courant d'acide sulfhydrique à une température minimum de 900° et maximum de 1300° pour obtenir le sulfure S^2Zr. La transformation est rapide; elle est complète en moins de 1 heure vers 1200°. On emploie toujours des nacelles de graphite pur.

Les deux composés précédents peuvent en fournir un troisième S^3Zr^2, soit par l'action du vide cathodique à la température de 1400° pendant 2 heures, soit par une chauffe de 1 heure à 1700° dans une atmosphère d'hydrogène.

Le sulfure S^2Zr est un solide noir présentant quelques points brillants. Il prend une couleur brun rouge lorsqu'il est soumis à la pulvérisation. Au microscope, il est amorphe, et, d'une façon générale, opaque; on perçoit cependant quelques parties transparentes d'aspect vitreux et de couleur brun foncé. $d_0^0 = 3{,}87$ (détermination effectuée avec le produit finement pulvérisé, dans le vide, avec CCl^4).

Ce corps commence à se désulfurer à 1000° sans que l'on observe ni fusion ni volatilisation du composé métallique. La perte de soufre est de 2,75 pour 100 en une heure. Après le même temps à 1100°, il fournit le sulfure S^5Zr^3. En présence d'acide sulfhydrique, le même résultat s'obtient à 1400°.

L'action d'une très haute température a été étudiée dans l'hydrogène et dans l'azote. Avec le premier de ces gaz, à 2000°, après une heure, le produit est gris et n'est pas encore fondu. Le composé métallique ne se volatilise pas. La désulfuration est accentuée et s'accompagne d'une carburation. Le résidu contient 11 pour 100 de soufre et 3 pour 100 de carbone.

A 2800°, on obtient un culot fondu, brillant, ne renfermant plus que des traces de soufre (0,15 pour 100). C'est un carbure ayant dissous 5 pour 100 de graphite qui se dépose très bien cristallisé par refroidissement.

Dans l'azote à 2000°, on observe une désulfuration complète et une transformation en azoture et en carbure. Le premier de ces composés paraît se volatiliser, car la perte de poids atteint 20 pour 100 en une heure. A 2500°, le produit n'est pas encore fondu. La volatilisation, en dix minutes, varie entre 50 et 75 pour 100. On obtient encore un mélange d'azoture et de carbure.

Le sulfure S^5Zr^3 est un solide très bien cristallisé, avec un aspect noir et de vifs reflets d'une couleur bleu acier. Au microscope, il se présente sous forme de lamelles quadrangulaires et hexagonales très plates et réfléchissant très bien la lumière. On note également quelques parties transparentes de teinte rouge. $d_0^0 = 4,10$.

La désulfuration s'observe, dans le vide cathodique, à partir de 1300° (perte de 1,7 pour 100 de soufre en une heure). Après deux heures à 1400°, on isole le sulfure S^3Zr^2. Ce dernier corps s'obtient également après une heure de chauffe à 1700° dans l'hydrogène.

S^3Zr^2 est un solide cristallisé opaque d'aspect très brillant, brun, rose mordoré, se présentant en lames plates quadrangulaires. $d_0^0 = 4,62$.

La désulfuration, dans le vide cathodique, s'effectue très lentement au-dessus de 1500°. Pratiquement, on ne peut, en opérant dans un four à résistance de graphite, isoler le sulfure S^4Zr^3, car, à 1600°, le produit fixe déjà de petites quantités de carbone (0,5 pour 100 en 4 heures et 1 pour 100 en 5 heures à 1700°). A 2100°, le corps se volatilise légèrement, il ne contient plus que 16 pour 100 de soufre, mais par contre 40 pour 100 de carbure.

Dans l'hydrogène, la désulfuration et la carburation n'apparaissent, d'une façon sensible, qu'au-dessus de 1750°.

En résumé, l'acide sulfhydrique réagit sur la zircone à partir de 1100°, et, en élevant la température à 1700°, on isole un sulfure S^5Zr^3. Ce corps, dans le vide à 1400° donne S^3Zr^2; puis en le rechauffant à 1300° dans l'hydrogène sulfuré, il fournit un autre sulfure S^2Zr. Ces trois corps sont cristallisés et définis. La densité augmente quand on passe d'un produit à un autre moins sulfuré : 3,87, 4,10 et 4,62.

Dans le vide une désulfuration partielle s'effectue respectivement à 1060°, 1300° et 1500°; en opérant sur du graphite, la carburation apparaît très lentement à 1600°. Dans l'hydrogène, la désulfuration complète n'a été

obtenue qu'à 2800°, le corps s'étant transformé en un carbure non volatil ayant dissous 5 pour 100 de graphite. Dans l'azote, il se forme en plus un nitrure volatil à haute température.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Microdosage du magnésium à l'état de ferrocyanure triple de magnésium, calcium et hexaméthylénetétramine.* Note de MM. **L. Debucquet** et **L. Velluz**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons précédemment décrit (¹) une combinaison magnésienne nouvelle, le *ferrocyanure triple de* Mg, Ca *et hexaméthylénetétramine*

$$[Fe(CN)^6MgCa]^3.4(CH^2)^6N^4.40H^2O \quad (P.M. = 2108)$$

dont une propriété intéressante est d'être pratiquement insoluble dans des solutions concentrées d'hexaméthylènetétramine. La précipitation de ce ferrocyanure triple est en outre quantitative lorsque la quantité de magnésium mise en œuvre est voisine du dixième de milligramme. L'observation de ces faits nous a permis d'établir une méthode de microdosage du magnésium, en solutions pures, dont le principe est le suivant :

1° Le ferrocyanure de calcium, potassium et hexaméthylènetétramine :

$$Fe(CN)^6CaK^2.(CH^2)^6N^4.6H^2O \quad (P.M. = 578) \quad (^2),$$

dissous à saturation dans une solution à 10 pour 100 d'hexaméthylènetétramine, ne précipite pas en présence de sels calciques mais précipite en totalité le magnésium sous forme de ferrocyanure triple.

2° Ce ferrocyanure triple se prête à un dosage colorimétrique simple sous forme de ferrocyanure ferrique.

Le mode opératoire que nous proposons est le suivant :

A. *Préparation du complexe calcique.* — Ce composé précipite par simple mélange des solutions suivantes :

$Fe(CN)^6K^4 3H^2O$	8g,4	$Cl^2Ca 5H^2O$	4g,40
H^2O	100cm³	$(CH^2)^6N^4$	11g,2
		H^2O	200cm³

Après une heure on essore à fond, à la trompe, on lave à l'alcool à 95° et à l'éther, puis on laisse sécher à l'air libre (obscurité).

Rendement : 7g.

(¹) L. Debucquet et L. Velluz, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1809.

(²) Décrit par Barbieri (*Gazz. Chim. ital.*, 60, 1930, p. 229-243).

B. *Précipitation et dosage du ferrocyanure magnésien triple.* — La solution magnésienne pure ($0^{mg},1$ de Mg environ) est évaporée à siccité dans une petite capsule de platine, à fond rond; le résidu est directement repris par $2^{cm^3},5$ d'une solution *extemporanée* du complexe calcique précédent dans l'hexaméthylènetétramine à 10 pour 100 (¹). La précipitation du ferrocyanure magnésien est complète en une heure. On filtre alors quantitativement sur petit tube à filtration (plaque filtrante en verre fritté 15 aG4 de Schott) et après 6 lavages successifs avec 1^{cm^3} d'hexaméthylènetétramine à 20 pour 100, puis 3 lavages avec 5^{cm^3} d'acétone, le creuset séché par un simple courant d'air est disposé sur un tube à essorer contenant un tube cylindrique de 15^{cm^3} environ, gradué en un dixième de centimètre cube jusqu'à 12^{cm^3}. L'aspiration à la trompe étant rétablie, le composé magnésien retenu sur le verre poreux est redissous par addition d'eau distillée jusqu'à obtention de 10^{cm^3} de filtrat dans le tube gradué. On ajoute enfin, directement dans ce tube gradué, 1^{cm^3} de gomme arabique à 10 pour 100, 1^{cm^3} de chlorure ferrique ($0^{g},30$ Fe pour 1000) et l'on agite. La colorimétrie du bleu de Prusse ainsi formé s'effectue par comparaison avec 10^{cm^3} d'une solution *extemporanée* de composé calcique à p grammes pour 1000 ($p = 0^{g},20$ à $0^{g},25$) additionnée comme ci-dessus de gomme arabique et de chlorure ferrique. Soit $h(mm)$ la hauteur lue lorsque l'étalon est observé sous 20^{mm},

$$\text{Mg (en } 1/10^{e} \text{ de mg dans la prise)} = 84 \times \frac{p}{h}.$$

Cette méthode permet de doser des quantités de magnésium, voisines du dixième de milligramme, avec une erreur toujours inférieure à 5 pour 100, le plus souvent inférieure à 3 pour 100 (²).

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur les combinaisons moléculaires organiques du tétrachlorure de titane.* Note de M. F. **Evard**, présentée par M. G. Urbain.

Il était à présumer que les tétrachlorures d'étain et de titane présentent un comportement analogue à la condition que l'on compare les deux halogénures à des températures correspondantes.

L'électroaffinité du titane étant supérieure à celle de l'étain, la zone de contrainte pour les complexes du premier est celle des basses températures relativement au second.

(¹) A cet effet on triture au mortier, $0^{g},50$ de complexe calcique avec 20^{cm^3} de solution à 10 pour 100 d'hexaméthylènetétramine. Après 10 minutes de contact (obscurité) on filtre sur papier serré.

(²) Voici quelques résultats obtenus : 0,096-0,099; 0,101-0,095 pour $0^{mg},098$; 0,112-0,110 pour $0^{mg},109$; 0,068-0,071 pour $0^{mg},069$; 0,090-0,089 pour $0^{mg},088$; 0,126-0,127 pour $0^{mg},127$; 0,097 pour 0,094.

Pour faire une chimie comparée des deux halogénures, l'étude des dérivés de l'élément de plus faible électroaffinité — l'étain en l'occurrence — s'impose donc d'abord.

En ce qui concerne les combinaisons moléculaires organiques du tétrachlorure d'étain, cette étude a déjà été faite. Pfeiffer a décrit la plupart d'entre elles et montré qu'à la température ordinaire elles ont toutes pour formule $[X^4 Sn A^2]$ qui met en évidence l'hexacoordinence de l'atome métallique. Ces combinaisons donnent des phénomènes d'halochromie.

Aucune étude semblable n'a été entreprise sur les combinaisons d'addition du tétrachlorure de titane. Nous avons abordé cette étude, et la présente Note a pour objet de résumer les résultats obtenus.

De même que dans le cas de l'étain, c'est dans la série des cétones aromatiques que les phénomènes d'halochromie sont les plus nets.

Si l'on verse une goutte de tétrachlorure de titane dans une solution benzénique ou chlorocarbonique d'une cétone aromatique, on obtient une coloration d'autant plus profonde que l'allongement de la chaîne des doubles liaisons conjuguées croisées est plus grand. Ces colorations sont dues à des combinaisons moléculaires, dont la très grande fragilité à la température ordinaire rend l'isolement très pénible. Mais la difficulté d'employer une méthode physico-chimique nous imposa d'isoler les complexes. Il est indispensable d'opérer en atmosphère parfaitement sèche. A cet effet, nous avons réalisé un appareil dont la description sera donné ailleurs.

La teneur en chlore des complexes est obtenue après hydrolyse en présence de formiate alcalin (ce qui fournit un précipité de TiO^2 granuleux, donc facile à filtrer). Le pourcentage en titane s'obtient par calcination de quelques décigrammes de substance avec de l'acide nitrique fumant.

Les premiers résultats de l'analyse indiquaient une variation de la composition des précipités en fonction de la concentration des solutions mères, Mais en prenant soin de verser la solution de chlorocarbonique de titane dans un grand excès d'une solution de cétone et d'abandonner un jour environ le précipitè coloré obtenu, on observe que la teinte de celui-ci s'éclaircit et que sa composition se fixe.

Combinaison moléculaire de $TiCl^4$ *et de* $C^6H^5 - CO - C^6H^5$. — En précipitant une solution de 2^g de benzéphénone dans 10^{cm^3} de benzène anhydre par une solution benzénique de tétrachlorure de titane à 10 pour 100, on obtient un précipité jaune clair, qui, abandonné au contact de la solution mère pendant une nuit, essoré, lavé et séché dans un courant d'azote

anhydre, fournit à l'analyse les chiffres suivants : Ti °/₀, 12,4 et 12,7; Cl °/₀, 38 et 37,9, ce qui correspond à la formule

$$\left[Cl^4Ti\ldots O=C\begin{matrix}\diagup C^6H^5\\ \diagdown C^6H^5\end{matrix}\right]$$

pour laquelle on a les pourcentages Ti, pour 100, 12,8 Cl pour 100 38,1. Le complexe est extraordinairement sensible à l'humidité atmosphérique; un séjour à l'air, de quelques secondes seulement, l'hydrolyse.

Combinaison de $TiCl^4$ *et de* $C^6H^5-CH=CH-CO-C^6H^5$. — En faisant réagir deux solutions équimoléculaires, l'une de $TiCl^4$ (1 partie), l'autre de $C^6H^5-CH=CH^5-CO-C^6H$ (10 parties), on obtient un précipité brun foncé qui, abandonné à la température ordinaire pendant un ou deux jours au contact de la solution mère, prend une couleur rouge clair.

L'analyse fournit les moyennes suivantes : Ti °/₀, 8,1; Cl °/₀, 23,5; calculé (pour $TiCl^4$, $2C^{15}H^{12}O$) Ti °/₀, 7,92; Cl °/₀, 23,4. La formule du complexe est donc

$$\left[Cl^4Ti\left(\ldots O=C\begin{matrix}\diagup C^6H^5\\ \diagdown CH=CH-C^6H^5\end{matrix}\right)^2\right]$$

avec la coordinence six pour le titane. Il y a analogie de formule avec le composé stannique correspondant. Les diagrammes de poudre effectués jusqu'ici sur ces deux complexes ne permettent point de mesures, et par conséquent d'affirmer s'il y a ou non isomorphisme.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Complexes de l'éthylènediamine avec des halogénures ferreux.* Note de M. R. E. **Breuil**, présentée par M. G. Urbain.

Ces complexes correspondent à ceux déjà obtenus avec l'ammoniac : une molécule d'éthylènediamine remplaçant deux molécules d'ammoniac.

On les formulera : $Feen^3Cl^2$, $Feen^3Br^2$, $Feen^3I^2$.

Préparation. — L'éthylènediamine employée a été distillée trois fois sur sodium pour être parfaitement anhydre.

Le chlorure ferreux a également été préparé par l'action d'un courant de gaz ClH sec sur du fil de clavecin placé dans un tube de porcelaine chauffé au rouge vif dans un four électrique.

On a fait réagir l'éthylènediamine sur le chlorure ferreux en opérant dans un solvant anhydre et en atmosphère d'hydrogène. Le solvant employé

est l'alcool méthylique déshydraté par au moins trois distillations sur calcium. Le gaz hydrogène est soigneusement purifié et desséché.

L'appareil en verre où se fait la combinaison comprend plusieurs tubulures pour l'arrivée d'hydrogène et la fixation d'une ampoule à brome et d'un agitateur. Il comporte une partie où se fera la réaction et que l'on pourra chauffer ou refroidir, puis une autre partie ayant un filtre en pâte de verre pour filtrer, essorer et sécher le précipité.

La quantité calculée de Cl^2Fe (2^g) est introduite dans l'appareil à atmosphère d'hydrogène, ou l'on ajoute de 20 à 30^{cm^3} d'alcool méthylique. On chauffe avec précaution pour dissoudre et on laisse refroidir.

L'éthylènediamine (3^g) est introduite par l'ampoule à brome. Il y a un fort dégagement de chaleur et il se forme un précipité blanc que l'on peut redissoudre en chauffant. Par refroidissement une poudre blanche cristallise. L'alcool est décanté, le précipité est lavé avec un peu d'alcool, puis versé sur le filtre en pâte de verre. Un courant d'hydrogène assez fort et prolongé pendant plusieurs heures permet de retirer la poudre blanche parfaitement sèche pour les analyses.

Abandonnée à l'air, la poudre devient rapidement brunâtre, puis brun rougeâtre en perdant de l'éthylènediamine, et donne finalement une pâte brun rouge.

Au dessiccateur à vide sur chaux sodée, on peut la garder quelques jours sans altération sensible.

Chauffée, la poudre perd son éthylènediamine et laisse un résidu brun.

Avec le bromure et l'iodure ferreux les préparations ont été identiques. (Ces halogénures ont été préparés par action directe du brome et de l'iode sur le fer dans l'alcool méthylique; on filtre la solution avant de l'introduire dans l'appareil.)

On peut noter que, conservé au dessiccateur à vide, le complexe iodé, différant en cela des deux autres complexes qui se teintent en jaune brun, prend une coloration violet pâle.

Analyses. — Fe en $^3Cl^2$. Calculé pour 100 : Fe, 18,2; en, 58,7; Cl, 23,1. Trouvé pour 100 : Fe, 18,0; en, 58,6; Cl, 22,7. — Fe en $^3Br^2$. Calculé pour 100 : Fe, 14,1; en, 45,5; Br, 40,4. Trouvé pour 100 : Fe, 14,2; en, 45,4; Br, 40,7. — Fe en$^3I^2$. Calculé pour 100 : Fe, 11,4; en, 36,8; I, 51,8. Trouvé pour 100 : Fe, 11,35; en, 36,8; I, 51,4.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'obtention d'aminocyclooctanols et leur dédoublement en composés actifs.* Note de MM. **Marcel Godchot**, **Max Mousseron** et **Robert Granger**, présentée par M. Delépine.

Poursuivant nos recherches (¹) sur la variation du pouvoir rotatoire dans la série des aminocyclanols en fonction du nombre d'atomes de carbone du cycle, il nous restait, après les cycles en C^5, C^6, C^7, à étudier la série cyclooctanique, plus difficilement abordable toutefois. La présente Note a pour but de faire connaître le 2-aminocyclooctanol $(d+l)$ et le 2-méthylaminocyclooctanol $(d+l)$

OH — 1 — 2 — NH^2 | OH — 1 — 2 — $NH-CH^3$

2-aminocyclooctanol. | 2-méthylaminocyclooctanol.

et les bases actives d et l résultant de leur dédoublement.

La méthode d'obtention de ces aminoalcools est identique à celle signalée précédemment pour d'autres aminocyclanols : action de l'ammoniaque ou de la méthylamine en solution hydro-alcoolique sur l'époxycyclooctane isolé récemment par l'un de nous en collaboration avec Mlle Cauquil (²); dans cette série, on doit signaler que l'ouverture du pont oxydique est encore plus difficile que dans le cas de l'époxycycloheptane ; non seulement il faut chauffer un temps plus long (environ vingt heures), mais aussi sous forte pression (15^{kg}) et à une température élevée (150-155°).

A. *2-aminocyclooctanol-1.* — Cette base, préparée par nous pour la première fois, se présente sous l'aspect de cristaux incolores, en forme de paillettes (F. = 77-78°, Eb_{16} = 132-133°) dont le chlorhydrate, fortement hygroscopique, est fusible à 107-108°.

Le tartrate acide d du 2-aminocyclooctanol racémique (F = 195-196°; $[\alpha]_D = +13°,90$) est obtenu sous forme cristalline en milieu alcool absolu en présence d'acétone; par cristallisations fractionnées et répétées dans l'alcool éthylique à 90°, on isole d'abord des cristaux peu solubles (aiguilles; F = 205-206°; $[\alpha]_D = +5°,55$) représentant le tartrate acide d du 2-aminocyclooctanol l; en poursuivant le fractionnement et après cristallisation dans

(¹) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 981 et 2061 ; **196**, 1933, p. 621, 1511 et 1680.
(²) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 962.

l'alcool à 95°, on sépare ensuite le tartrate d de la base d (prismes; F = 159-160°; $[\alpha]_D = +22°,85$).

Si l'on remplace l'acide tartrique droit par l'acide tartrique gauche, il est possible de scinder le 2 aminocyclooctanol ($d+l$) en tartrate l de la base d (F = 205-206°; $[\alpha]_D = -5°,40$) et en tartrate l de la base l (F = 159-160°; $[\alpha]_D = -22°,70$).

Ces tartrates ainsi isolés fournissent, après traitement à la potasse et extraction par un mélange éthéro-chloroformique, les bases actives correspondantes, nettement cristallisées, alcalines à l'hélianthine et répondant aux caractères suivants : F = 93-94°; $[\alpha]_D = \pm 12°,85$; $\alpha_{436}/\alpha_{546} = 1,652$; les chlorhydrates actifs sont cristallisés et fusibles à 112-113°.

B. 2-*méthylaminocyclooctanol*-1. — Cet aminoalcool, inconnu jusqu'ici, est constitué par un liquide fortement visqueux, se prenant en masse par refroidissement (F = 25°; Eb_{16} = 123-124°), et fournissant un chlorhydrate déliquescent.

Le tartrate acide d de la base racémique (F = 135-136°; $[\alpha]_D = +13°,15$) se scinde par cristallisations fractionnées et répétées dans l'alcool à 95° additionné de 10 pour 100 d'acétone en tartrate acide d de la base l peu soluble (F = 160-161°; $[\alpha]_D = +3°,65$) et en tartrate acide d de la base d plus soluble (F = 119-120°; $[\alpha]_D = +27°,60$); ces sels conduisent aux bases actives d et l qui sont liquides (Eb_{16} = 121-122°; $[\alpha]_D = \pm 19°,90$; $\alpha_{436}/\alpha_{546} = 1,651$).

C. Parmi les treize aminoalcools cyclaniques dédoublés jusqu'ici par nous, il nous a paru intéressant de consigner dans le tableau suivant les points de fusion des bases racémiques et actives, les pouvoirs rotatoires spécifiques et moléculaires, ainsi que les rapports de dispersion rotatoire des quatre aminocyclanols actifs se rapportant à la molécule la plus simple, sans aucune substitution.

	F. rac.	F. actif.	$[\alpha]_D$.	(M)D.	$\frac{\alpha_{436}}{\alpha_{546}}$.
2-aminocyclopentanol-1	liq.	liq.	38°,20	38°,60	1,649
2-aminocyclohexanol-1	66-67°	83-84°	40,10	46,10	1,648
2-aminocycloheptanol-1	72-73	89-90	14,45	18,65	1,651
2-aminocyclooctanol-1	77-78	93-94	12,85	18,35	1,652

On constate tout d'abord, qu'à part le terme en C^5, les autres aminoalcools racémiques et actifs sont cristallisés et possèdent des points de fusion croissant assez régulièrement. Quant aux pouvoirs rotatoires spécifiques, on remarque qu'ils sont très voisins pour les termes en C^5 et C^6 ; il en est de même pour ceux appartenant aux cycles en C^7 et C^8 ; mais pour ces derniers

apparaît une forte diminution de l'activité optique (25 à 27°), due sans doute à une structure spatiale différente de celle correspondant aux autres cycles et provoquant une modification de la position relative des fonctions OH et NH^2; cette constatation est du reste en accord avec d'autres faits déjà connus.

Remarquons enfin que le rapport de dispersion rotatoire est approximativement constant pour les divers aminocyclanols étudiés; on savait déjà que dans une série homologue le rapport de dispersion demeurait à peu près invariable, et il est intéressant de retrouver cette règle dans la série des aminocyclanols lorsqu'on passe d'un cycle à l'autre.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques nouveaux acétals et aldéhydes à fonction éther-oxyde.* Note de M. **Marcu Rotbart**, présentée par M. Delépine.

Dans une Note précédente [1], nous avons montré qu'on peut préparer les éthers-oxydes de l'aldéhyde glycolique $ROCH^2.CHO$, avec un excellent rendement, en saponifiant convenablement les acétals

$$R-O-CH^2-CH(OC^2H^5)^2$$

obtenus de leur côté, par action, à chaud et sous pression, du bromacétal sur les dérivés sodés des alcools R.OH. Étant donnée l'importance de cette classe de corps au point de vue odeur, fait sur lequel S. Sabetay a déjà attiré l'attention, nous avons étendu nos recherches aux alcools suivants de la série grasse : octylique secondaire, *n*-décylique, *n*-dodécylique, *n*-tétradécylique (myristique), *n*-hexadécylique (palmitique).

Tout en nous réservant de revenir, dans un travail d'ensemble, sur les relations entre la constitution d'une part, les propriétés physiques et l'odeur d'autre part, dans une série homologue, nous dirons seulement ici que, à partir de C^{12}, les aldhéydes à chaîne normale, quoique fondant bas, sont néanmoins solides à la température ordinaire et que l'odeur s'affaiblit à mesure qu'augmente le nombre d'atomes de carbone.

Une étude systématique nous a permis de déterminer les conditions de préparation de ces acétals et des aldéhydes correspondants. Sous peine d'obtenir des résines indistillables, la température de l'autoclave ne doit pas dépasser 190° et la durée de chauffe ne doit pas se prolonger trop long-

(1) L. Palfray, S. Sabetay et M. Rotbart, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1508.

temps. Dans ces conditions le rendement en acétal peut atteindre 75 pour 100.

L'hydrolyse de l'acétal s'effectue aisément dans le cas où le reste $-CH^2-CH(OC^2H^5)^2$ est greffé sur une chaîne normale aliphatique. En opérant en milieu hydroacétique, avec une concentration en SO^4H^2 de 25 pour 100, le rendement en aldehyde atteint 90 pour 100. Ce résultat contraste avec celui que nous avons décrit dans le cas des acétals dérivant des alcools secondaires cycliques : cyclohexanol et méthylcyclohexanols, qui se résinifient même en présence d'un acide sulfurique à 5 pour 100, il témoigne de la robustesse de nos aldéhydes $R-CH^2-O-CH^2-CHO$ quand R est un reste aliphatique à chaîne normale.

On peut prévoir que la solidité des acétals et des aldéhydes sera influencée, non seulement par la forme du reste alcoyle, mais aussi par le degré de la fonction de l'alcool de départ et qu'elle ne sera pas la même pour

$$R-CH^2-O-CH^2-CHO,$$

$$\begin{matrix}R\\R'\end{matrix}\Big\rangle CH-O-CH^2-CHO, \qquad \begin{matrix}R\diagdown\\R'-\\R''\diagup\end{matrix}C-O-CH^2-CHO$$

(R, R', R″ représentant des restes aliphatiques, hydroaromatiques ou arylaliphatiques). Nous comptons revenir sur ce point ultérieurement. Notons déjà que l'aldéhyde dérivant de l'octanol secondaire est stable en présence de SO^4H^2 à 15 pour 100, alors que les aldéhydes dérivant des cyclohexanols sont déjà résinifiés par un acide à 5 pour 100. La résistance à l'hydrolyse des acétals β alcoxylés est fonction de plusieurs facteurs. On se serait attendu à voir ce fait ressortir plus nettement de l'étude cinétique faite par Palomaa et Aalto (¹) sur la résistance comparative, en milieu acide, d'acétals plus simples que les nôtres il est vrai, du type $R-O-CH^2-CH(OR)^2$ opposés à ceux du type $R-CH^2-CH(OR)^2$.

Nous avons obtenu les acétals ci-après et les aldéhydes correspondants. Nous donnerons quelques détails sur la préparation du premier terme : acétal et aldéhyde.

Acétal éthylique de l'aldéhyde métho-heptyloxyacétique. — On fait agir l'octanol-2 sur du Na en poudre en milieu toluénique (²), chasse le solvant, chauffe l'octanolate de Na résultant avec du bromacétal et un peu de cuivre porphyrisé, ensuite on chauffe pendant 3 à 4 heures à 180° sous pression (autoclave).

(¹) H. Palomaa et V. Aalto, *Ber. d. chem. Ges.*, 66, 1933, p. 468.

(²) Les autres alcoolates ont été préparés par la même méthode.

Par distillation fractionnée sous vide, on isole l'acétal, liquide mobile, possédant les constantes : $E_{14} = 131^o$-132°; $D_4^{22,5} = 0,8727$; $n_4^{22,5} = 1,4229$; RM_D tr. 71,77; calc. 71,78; OC^2H^5 % tr. 36,35; calc. 36,58.

Aldéhyde métho-heptyloxyacétique $CH^3-(CH^2)^5-CH(CH^3)-O-CH^2-CHO$. — On chauffe à reflux, dans un courant de CO^2, 20^g acétal, 100^{cm^3} SO^4H^2 à 20 % et 25^{cm^3} acide acétique glacial. Après extraction à l'éther et lavage au bicarbonate, on distille sous vide.

L'aldéhyde, liquide fortement odorant, possède les constantes : $E_{15} = 98$-$99^o,5$; $D_4^{19} = 0,8826$; $n_D^{19} = 1,4322$; RM_D tr. 50,57; calc. 50,03. La *semicarbazone*, cristallisée dans l'éther acétique, fond à $78^o,5$-$79^o,5$ (Maq.).

Acétal-éthylique de l'aldéhyde décyloxyacétique : $E_{14} = 159$-160°; $D_4^{20} = 0,8905$; $n_D^{20} = 1,4370$; RM_D tr. 80,61; calc. 81,02; OC^2H^5 % tr. 32,85; calc. 32,84.

Aldéhyde décyloxyacétique $CH^3(CH^2)^8CH^2O.CH^2CHO$ (20^g acétal, $100^{cm^3}SO^4H^2$ à 25 % et 30^{cm^3} CH^3COOH) : $E_{15} = 133$-135°; $D_4^{20} = 0,8663$; $n_D^{20} = 1,4452$; $F = 19,5$-20°; $RM_D^{?}$ tr. 59,40; calc. 59,27. *Semicarbazone* (méthanol) $F = 103$-104° (Maq.).

Acétal-éthylique de l'aldéhyde dodécyloxyacétique (*laurylique*) (¹) : $E_3 = 150$-151°; $D_4^{23} = 0,8680$; $n_D^{23} = 1,4330$; RM_D tr. 90,43; calc. 90,25; OC^2H^5 % tr. 29,86; calc. 29,80.

Aldéhyde dodécyloxyacétique $CH^3(CH^2)^{10}CH^2O.CH^2CHO$ (40^g acétal, $150^{cm^3}SO^4H^2$ à 30 % et 50^{cm^3} CH^3COOH crist.) : $E_3 = 118$-119°; $D_4^{25} = 0,8727$; $n_D^{25} = 1,4410$; $F = 18^o$; RM_D tr. 68,99; calc. 68,51. *Semicarbazone* (éther acétique) $F = 108^o$ (Maq.).

Acétal-éthylique de l'aldéhyde tétradécyloxyacétique (*myristique*) : $E_2 = 161$-162°; $D_4^{24} = 0,8665$ (surfusion); $n_D^{24} = 1,4372$; $F = 25^o$; RM_D tr. 99,81; calc. 99.49; OC^2H^5 pour 100, tr. 27,21; calc. 27,27.

Aldéhyde tétradécyloxyacétique $CH^3-(CH^2)^{12}-CH^2-O-CH^2-CHO$: $E_1 = 138$-140°; $F = 36^o$. *Semicarbazone* (éther acétique) $F = 97^o$ (Maq.).

Acétal-éthylique de l'aldéhyde hexadécyloxyacétique (*palmitique*) : $E_1 = 192$-194°; $F = 37^o$; OC^2H^5 pour 100, tr. 25,17; calc. 25,13.

Aldéhyde hexadécyloxyacétique $CH^3-(CH^2)^{14}-CH^2-O-CH^2-CHO$. — Cristallisé dans l'alcool éthylique, $F = 47^o$ (Maq.). *Semicarbazone* (éther acétique) $F = 102^o$ (Maq.).

PHYSIQUE CRISTALLINE. — *Structure des platinocyanures cristallisés.* Note de M. **Henri Brasseur**, présentée par M. J. Perrin.

La comparaison des propriétés optiques (réfringence, biréfringence et dispersion) des platocyanures et d'un composé récemment étudié par T. C. Sutton (²) m'a conduit, pour la position des liaisons C-N par rapport

(¹) Sommairement décrit par S. Sabetay, *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, 45, 1929, p. 1161.

(²) T. C. Sutton, *Phil. Mag.*, 7ᵉ série, 15, 1933, p. 1001.

à l'ensemble du groupe $Pt(CN)_4$, à une conclusion que je crois utile de signaler.

L. Pauling (¹) a montré que le groupe $Pt(CN)_4$ des platocyanures doit être considéré comme plan, c'est-à-dire que les centres de l'atome de Pt et des radicaux CN se trouvent dans un même plan. Si l'on ne considère plus le radical CN comme simple mais comme un groupe binaire, il est nécessaire de préciser les positions relatives des atomes C et N par rapport au plan du $Pt(CN)_4$.

Dans ce cas, deux possibilités se présentent :

1° La droite qui joint les centres des atomes C et N est parallèle au plan du $Pt(CN)_4$;

2° Cette droite est perpendiculaire au plan du $Pt(CN)_4$.

Jusqu'à présent, aucune tentative n'a été faite en vue de préciser laquelle de ces deux possibilités doit être retenue. En fait, le facteur atomique élevé du Pt et ceux, très faibles, des atomes C et N montrent l'impossibilité de déterminer les positions des atomes C et N à partir d'intensités de réflexion des rayons X.

Si l'on admet l'hypothèse du 1°, les conclusions d'un travail d'ensemble de W. A. Wooster (²) permettent d'affirmer le caractère optique négatif des platocyanures, contrairement aux résultats des observations effectuées sur les propriétés optiques de ces sels (³).

D'autre part, T.-C. Sutton (⁴) a donné récemment pour le triazide cyanurique $CN.N_3$ une structure dans laquelle toutes les liaisons C-N se trouvent dans des plans parallèles l'un à l'autre et perpendiculaires à des colonnes d'atomes N. Ce composé a des propriétés frappantes qui ont été indiquées par T.C. Sutton, notamment :

1° La biréfringence en est particulièrement élevée (0,490).

2° L'indice de réfraction le moins élevé (indice extraordinaire) correspond à la direction perpendiculaire aux plans qui contiennent les liaisons CN ; l'indice le plus élevé correspond à la direction parallèle à ces plans.

3° L'indice ordinaire présente une grande dispersion, l'indice extraordinaire, une dispersion très faible.

Des propriétés absolument analogues existent pour les platocyanures les mieux étudiés du point de vue optique.

(¹) L. Pauling, *Phys. Rev.*, 37, ix, 1931, p. 1185.

(²) W. A. Wooster, *Zeits. Krist.*, 80, v-vi, 1931, p. 495.

(³) A. N. Winchell, *Univ. Wisconsin Stud. Science*, n° 4, Madison, États-Unis, 1927.

(⁴) *Loc. cit.*

Comme le montrent les chiffres donnés par A. N. Winchell (¹), ces platocyanures présentent des biréfringences élevées et sont optiquement positifs. Les indices les moins élevés n_p et n_m varient peu en fonction de la longueur d'onde tandis que l'indice le plus élevé n_g accuse une dispersion marquée. De plus n_g est perpendiculaire au plan d'un clivage parfait que l'on suppose parallèle aux plans des groupes $Pt(CN)_4$.

Cette analogie frappante est probablement due aux positions des groupes CN. En effet, les propriétés des platocyanures et l'analogie signalée peuvent s'expliquer en supposant que les groupes CN sont perpendiculaires aux plans des groupes $Pt(CN)_4$ et que, conformément aux résultats de T. C. Sutton, la réfractivité du groupe CN est la plus grande lorsque le vecteur électrique de l'onde incidente est parallèle à la liaison CN.

Il est à remarquer que cette interprétation rentre parfaitement dans le cadre des remarques importantes faites par W. A. Wooster (²) en ce qui concerne l'influence des groupements sur la réfractivité moléculaire et la biréfringence d'un composé.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Deux anciens niveaux marins dans la région de Perros-Guirec (Côtes-du-Nord).* Note de M. **Francis Ruellan**.

Sur plusieurs points des grèves de la région de Perros-Guirec, j'ai observé, de bas en haut, dans la falaise, une levée de galets fossile imprégnée d'une boue de solifluxion, puis les blocaux anguleux du head et enfin le loess, plus ou moins remanié, d'où dérive la terre végétale du sommet. La levée de galets fossile repose souvent sur de petits témoins d'une plate-forme d'abrasion littorale ancienne. Son sommet est à une altitude qui varie de $1^m,50$ à $2^m,50$ au-dessus du sommet de la levée vivante. A Trestrignel, la mer a également creusé dans un filon de diabase deux grottes superposées dont la plus haute correspond au niveau de la levée de galets fossile voisine. Cet ancien niveau marin de $2^m,50$ se trouve encore au fond de deux puits, creusés dans le loess et dans les blocaux à 40^m en arrière du littoral entre le port de Perros et Trestrignel.

Dans la crique de Trestrignel, la falaise de blocaux et de loess est formée aux dépens d'une sorte de terre-plein en demi-cercle qui monte progressi-

(¹) *Loc. cit.*
(²) *Loc. cit.*

vement jusqu'au pied d'une rupture de pente très raide, ancienne falaise aboutissant à une surface aplanie qui couronne le tout. Cette disposition de deux amphithéâtres étagés suggère l'idée que la crique actuelle est emboîtée dans une crique fossile, ce qui s'observe aussi à l'est de Louannec, en arrière du port de Perros, dans l'anse de Trestraou et à Trebeurden pour ne citer que des points caractéristiques. Il est évidemment impossible de considérer comme d'anciennes plages les surfaces en pente assez forte comprises à l'intérieur des criques fossiles. Elles sont en effet dues à un remblaiement continental de blocaux et de loess, d'altitude et d'épaisseur très inégales.

Mais, au-dessus des caps actuels, une petite plate-forme, qui porte souvent des rochers déchiquetés, précède l'ancienne falaise où perce la roche nue. Au fond des criques fossiles, ce sont des rochers dénudés qui forment fréquemment l'ancienne falaise dont le pied se tient régulièrement à environ 20^{m} au-dessus du pied de la falaise actuelle. Enfin, la plate-forme de Ploumanach, située à 20^{m} environ au-dessus de l'estran actuel, porte les marques de l'érosion marine. Parsemée de blocs de rochers empilés, elle contraste singulièrement avec la régularité de la surface aplanie qui porte le village de la Clarté et qui se prolonge jusqu'au sémaphore du Cribo. Son aspect rappelle au contraire les amoncellements de gros cailloux et les récifs que découvre la mer au moment du reflux. M. de Martonne a depuis longtemps montré sous quelles influences ce granite rose à biotite, à gros cristaux, compact et peu diaclasé, se transforme actuellement en arène. Comme ailleurs, il s'agit d'une désagrégation granuleuse, mais la pluie, le ruissellement et le vent humide surtout ont si nettement marqué leur empreinte dans les marmites, les lapiés et les gouttières qui sculptent les blocs, qu'on ne peut le plus souvent dire avec précision ce que la mer avait préparé. Il est toutefois une forme éminemment propre à l'érosion marine, c'est cette encoche de sapement, arrondie et polie, que la vague de translation modèle au pied des rochers qu'elle vient battre et qui s'enfonce horizontalement comme elle. Les roches compactes et faciles à modeler comme les diabases et certains granites en gardent d'admirables empreintes. Fréquemment même à Ploumanach, le rocher qui montre ainsi à sa base l'encoche concave de la vague, forme parapluie au-dessus d'un autre rocher qui le supporte où l'on voit de magnifiques gouttières divergentes. Protégées de la pluie, situées à l'écart des vallées, ces formes ne peuvent avoir d'autre origine que le choc de la vague et le ruissellement qui suit le moment où elle s'écroule.

Le contraste entre les creux et bosses de la plate-forme de Ploumanach et les lignes régulières de la pénéplaine de la Clarté montre immédiatement le domaine qui revient à ce niveau de 20^m. Une rupture de pente jalonne bien d'ailleurs la place de l'ancienne falaise, mais avec beaucoup moins de netteté que dans les granites de Perros, traversés de nombreux filons ou dans les gneiss de Trebeurden. Tandis que dans les schistes métamorphiques et dans les granites de Perros, la plate-forme d'abrasion progresse lentement, mais est très vite nivelée grâce à la schistosité et aux diaclases; dans les granites compacts de Ploumanach et de Trégastel, l'érosion marine augmente rapidement son domaine, encercle les blocs et dégage très facilement l'arène épaisse qui les emballe, mais le nivellement est relativement très lent et l'estran reste chaotique.

Cet ancien niveau marin de 20^m se retrouve à proximité même de Ploumanach, dans les Sept-Iles, où l'Ile Plate, exposée au Nord-Ouest est une plate-forme chaotique de même nature. L'Ile Tomé se termine elle-même au Nord par une longue bande de récifs qui représentent le même niveau d'abrasion marine. Il n'est d'ailleurs pas particulier à la région de Perros. Nous avons vu des aspects semblables à Bréhat, à Brignogan et à Porspoder où se retrouvent des granites compacts à gros cristaux dont la désagrégation granuleuse est facile. Il semble donc bien que le développement maximum de cette plate-forme soit lié à cette nature de roche.

En résumé, un niveau marin de 20^m environ, marqué par des formes d'abrasion, a été suivi par un niveau marin de 2^m,50, bien caractérisé à la fois par des formes d'abrasion et d'accumulation, sans que l'on puisse actuellement savoir si la régression marine qui sépare les deux niveaux s'est étendue au-dessous du dernier. Par contre, les immenses coulées de solifluxion pierreuses et boueuses post-monastiriennes ont non seulement empâté les formes des niveaux de 20^m et 2^m,50, mais les ont dépassées pendant une régression marine importante, contemporaine de cette période de grand refroidissement qui correspond sans doute à une extension glaciaire. C'est partiellement dans ces boues de solifluxion, qui avaient entraîné vers le Nord des éléments tirés de gisements quelque peu éloignés du littoral, que le vent s'est nourri pour constituer le loess qu'elles ne recouvrent jamais. La formation de ce loess pourrait répondre à une phase moins humide de la même période glaciaire.

BOTANIQUE. — *Exploration botanique du Sagho* (*Maroc*). Note [1] de M. **Louis Emberger**, transmise par M. Ch. Flahault.

Le Sagho est un massif montagneux de 4000$^{km^2}$ émergeant du désert dans l'angle formé par le Dadès et le Drâ supérieur. Il est pacifié depuis le 25 mars, à la suite des durs combats que l'on sait. La bienveillance et la protection des autorités militaires [2] m'ont permis de faire une première exploration de ce pays inconnu et, hier encore, inaccessible. J'ai parcouru, en partant de Bou Malem, la partie centrale du Sagho où se trouvent les points les plus élevés et les plus intéressants du massif.

Le Sagho est entouré de désert, mais au Nord (entre El Kelaa et Foum el Kouss) l'altitude élimine le Dattier des Oasis, au bénéfice du Noyer; dans les sols non irrigués, *Haloxylon*, *Peganum*, *Zizyphus* (dans les vallons) jouent un rôle important. Au Sud et sur les côtés, les oasis sont des Palmeraies et la végétation compte un certain nombre d'éléments franchement sahariens.

Le Sagho proprement dit n'est pas désertique. C'est une grande surprise de trouver dans ces montagnes entourées de désert et offrant au Sahara une façade de 100^{km} une végétation à peu près dépourvue d'éléments sahariens, de vastes nappes alfatières, de très nombreuses touffes de *Chamærops humilis* et, au-dessus de 1800^{m}, une ceinture nettement forestière à Genévriers et Frênes assez bien conservée sur de grandes surfaces. On peut estimer la pluviosité du Sagho à 300^{mm} environ.

Dès qu'on s'approche de la montagne, le désert disparaît et cède la place à un étage aride; l'Halfa (*Stipa tenacissima*) apparaît et devient très rapidement dominant. A partir de 1700^{m} il forme de grandes steppes naturelles comme sur les Hauts Plateaux algéro-marocains. L'Halfa alterne suivant la nature du sol avec de vastes étendues d'*Artemisia Herba alba*. Dans les lits des Oueds à sec croissent *Zizyphus* et *Vitex*.

L'Halfa atteint, suivant les conditions locales, 2100-2400^{m}, mais il ne forme un groupement qu'aux basses altitudes, c'est-à-dire entre 1600 et 1800^{m}. Au delà il est subordonné à des formations forestières (en grande partie disparues), en particulier à *Juniperus phœnicea* dont j'ai reconnu

(1) Séance du 19 juin 1933.

(2) Je remercie tout particuliérement M. le Général Catroux, commandant la région de Marrakech.

l'existence en de nombreux points et quelquefois en peuplements assez denses. Un Frêne (*Fraxinus dimorpha*) est habituellement associé au Genévrier; les autres végétaux fréquents à ce niveau sont, en dehors de l'Halfa, *Santolina scariosa*, *Genista myriantha*, *Adenocarpus Bacquei*, *Teucrium fruticans*, *Ephedra nebrodensis*, *Carthamus fruticosus* et assez souvent, *Chamærops humilis* (par taches). *Juniperus phœnicea* atteint 2400^{m} (plateau supérieur). Le long des cours d'eau de ce niveau de végétation abondent surtout *Vitex* et *Nerium*, puis *Populus alba*, sensu lato et *nigra* s. l., *Salix purpurea* et très rarement *Buxus balearica*.

Au delà de l'altitude de 2400^{m} (parfois à partir de 2200^{m}) jusqu'aux plus hauts sommets (2712^{m}) croît *Juniperus thurifera*. Dans le Sagho cet arbre est accompagné de *Prunus prostrata*, *Catananche cæspitosa*, *Bupleurum spinosum*.

Les deux Genévriers caractérisent l'étage semi-aride.

Nous avons montré (*Rev. gén. de Bot.*, 1933, sous presse) que *Juniperus phœnicea* caractérise l'étage semi-aride (sous-étage moyen) et *J. thurifera* le sous-étage froid. L'originalité du Sagho est que ces deux sous-étages y sont en contact, alors que dans les régions plus humides ils sont séparés par l'intercalation des étages tempéré et humide. Ce contact prévu théoriquement n'avait pas encore été observé dans la nature.

Au fur et à mesure qu'on passe des régions humides dans les zones sèches les étages, humide et tempéré sont supprimés : on voit, d'abord, disparaître l'étage humide, puis l'étage tempéré, ce qui détermine le contact des deux sous-étages semi-arides.

Afin de connaître toutes les étapes de cette suppression d'étages, j'ai parcouru le versant méridional du massif de Mgoun (Grand Atlas). J'y ai trouvé le terme intermédiaire recherché sous la forme d'une succession d'étages comportant un étage tempéré très peu développé intercalé entre le Genévrier rouge et le G. thurifère et occupant seulement les ubacs à 2100-2200^{m}, les adrets appartenant à *J. phœnicea* [1]. Quant à l'étage humide, il est inexistant; sa réduction est déjà extrême sur le versant Nord du Grand Atlas.

Dans le Moyen Atlas humide les étages tempéré et humide sont pleinement développés et séparent au maximum nos deux sous-étages semi-arides.

Le massif du Sagho est un exemple remarquable de contraction des étages de végétation sous l'influence de la sécheresse; malgré l'altitude, deux étages se différencient : un étage aride à Halfa ou Armoise et un étage semi-aride à *Junisperus phœnicea*, *J. thurifera* et *Fraxinus dimorpha*.

Au point de vue floristique le Sagho est nettement méditerranéen; il tient à la fois du Grand Atlas et de l'Anti-Atlas. L'endémisme y est très faible.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Application de la coloration vitale à l'étude de la cytodiérèse.* Note [1] de M. **W. A. Becker.**

Nous avons pu démontrer lors de nos recherches précédentes sur le phénomène de la formation de la plaque cellulaire, que cette dernière peut se colorer *in vivo*, avec du rouge neutre et du bleu de méthylène [2]. En continuant nos recherches pendant la vie d'une cellule, et en les élargissant par l'application, également, d'autres colorants, nous avons pu noter certains nouveaux résultats, que je vais présenter ici.

Il s'ensuivrait de ces nouvelles recherches, que la plaque cellulaire peut se colorer d'une manière intense avec des colorants basiques, vacuolaires, du groupe d'azines, soit, outre avec les deux colorants mentionnés tout à l'heure, aussi avec le bleu de crésyl, le bleu de toluidine et la thionine. Surtout, quand on emploie de faibles solutions du bleu de crésyl, qui ne provoquent que d'insignifiantes anomalies dans la division d'une cellule, l'on peut obtenir une jolie coloration des vacuoles et de la plaque cellulaire. Dans bien des cas, le colorant, contenu dans les vacuoles, subit une réduction et, alors, la seule structure, que l'on aperçoit colorée dans une cellule vivante en division, c'est la plaque cellulaire.

La marche du processus de la coloration se présente dans tous les cas en question de la même façon que celle décrite dans mes publications précédentes et elle indique un véhément processus d'*Entmischung* du protoplasma dans la région équatoriale de la cellule. Les expériences sur la plasmolyse, maintes fois répétées, font la preuve que la formation de deux nouvelles pellicules plasmatiques chez les cellules-sœurs ait lieu lors du dit processus.

Des colorants du chondriome ont été étudiés; deux : le vert de Janus, colorant, dans un certain sens, classique et l'autre, à celui-ci très apparenté, la phénosafranine. Ces deux colorants provoquent, dans une cellule vivante, une coloration des granules minuscules, disséminés dans le cytoplasma, le plus souvent, près du noyau. Ces granules ont, dans le cas de la coloration avec le vert de Janus, une couleur verdâtre et dans celui-là, avec la phénosafranine, une couleur rouge. Ayant obtenu cette coloration durant la méta- ou l'anaphase, nous avons pu, dans la suite, maintes fois observer le

---

(1) Séance du 29 mai 1933.

(2) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1850; *Acta Soc. Bot. Poloniae*, **9**, 1932, p. 381.

processus entier et normal de la division en deux cellules dérivées, jusqu'à la complète reconstruction des noyaux télophasiques en ceux à l'état de repos. La coloration de ces éléments cytoplasmatiques dans les stades plus précoces, n'exerce parfois non plus, aucune influence sur la marche de la mitose. C'est uniquement la phénosafranine qui provoque souvent des bouleversements à la formation du phragmoplaste et amène l'apparition des cellules binucléaires ([1]); par contre, le vert de Janus ne provoque aucune anomalie dans le sens morphologique. Ces expériences représentent une certaine importance pour la méthode de coloration du chondriome *in vivo*.

Lors de la formation du phragmoplaste et de la plaque cellulaire, les granules cytoplasmatiques, colorés par des colorants du chondriome, entourent la figure du noyau et le fuseau cytocinétique, mais n'entrent jamais sur son territoire. En même temps les granules, qui apparaissent dans le phragmoplaste et s'accumulent en forme d'une ligne unie de la plaque cellulaire, restent complètement incolores.

En ce qui concerne les recherches nous intéressant, la phénosafranine mérite une attention spéciale aussi pour cette raison, qu'elle colore rapidement et d'une manière intense la membrane cellulaire (Mangin), aussi bien celle, qui s'est déjà formée que celle en formation. En faisant des observations sur ce processus dans une cellule vivante, nous allons voir apparaître peu à peu une ligne colorée en rouge et se trouvant dans un enfoncement incolore, formé par la plaque cellulaire formée. Nous avons donc obtenu — sur cette voie — un tableau opposé à celui que nous avions observé, ayant employé les colorants vacuolaires, et notamment : les granules formant la plaque cellulaire et l'enfoncement même, qui s'est formé par leur confluence, restent incolores, par contre la membrane cellulaire se colore nettement.

Que la plaque cellulaire formée ait le caractère d'un enfoncement, l'on peut s'en persuader en colorant une cellule vivante lors de sa division avec du colorant vesuvine. Ce dernier provoque une coloration jaune dans le cytoplasma et le phragmoplaste. Quand la coloration du phragmoplaste est suffisamment intense, le caractère d'enfoncement propre à la plaque cellulaire ressort très nettement.

Sur le phragmoplaste ainsi coloré peut être observée la formation de la plaque cellulaire tout entière, de même que de la membrane cellulaire de la manière tout à fait normale.

([1]) *Revue gén. de Botanique*, 44, 1932, p. 24.

CHIMIE AGRICOLE. — *Zones de stabilité en fonction du pH des divers composés cupriques d'une bouillie bourguignonne.* Note de MM. **L. Maume** et **A. Bouat**, présentée par M. P. Viala.

La bouillie dite bourguignonne résulte de l'action d'une solution de carbonate de soude sur une solution de sulfate de cuivre. Sa composition chimique est variable suivant les quantités mises en présence. Il est admis qu'au début de la réaction se forment des sulfates basiques; mais à mesure que la proportion de sulfate de cuivre diminue, apparaît de l'hydrocarbonate dont la quantité va en croissant. La précipitation des divers composés cupriques est donc fonction de la réaction du milieu. Partant de là, il nous a paru intéressant de situer sur l'échelle des pH la place des divers précipités qu'il est possible d'obtenir en faisant varier la proportion de l'un des constituants. Voici comment nous avons opéré :

Les deux liqueurs de bases étant établies aux concentrations suivantes : A, 10^{g} de $SO^4Cu, 5H^2O$ pur dans 500^{cm^3} d'eau distillée; B. $3^g,2$ de CO^3Na^2 pur dans 500^{cm^3} d'eau distillée; nos essais ont porté sur 20^{cm^3} de liqueur A (correspondant à 100^{mg} de cuivre) dans laquelle nous avons versé les quantités croissantes de B qui figurent au tableau ci-après. A chaque étape correspondant aux différentes doses de CO^3Na nous avons déterminé parallèlement :

1° Le pH du milieu par la méthode électrométrique;

2° Le cuivre précipité : *a*, par microélectrolyse; *b*, par méthode volumétrique à l'iodure de potassium;

3° Le CO^2 à l'aide d'un micro Bernard.

Nos résultats analytiques sont consignés dans le tableau suivant :

Si l'on construit la courbe des pH en fonction des centimètres cubes de CO^3Na^2 versés pour une même quantité de SO^4Cu (20^{cm^3} $SO^4Cu, 5H^2O$) on s'aperçoit que sa montée n'est pas régulière et présente des changements de coefficient angulaire correspondant à des changements de précipités. Ces irrégularités se retrouvent dans les courbes qui donnent en fonction des pH les quantités de cuivre total, de cuivre correspondant à l'hydrocarbonate $CO^3Cu, CuO, 2H^2O$ de cuivre (obtenu par différence) correspondant aux divers sulfates. Au départ, jusqu'à un pH de 5,05 environ, ne précipitent que des sulfates basiques; puis commence la zone de précipitation de l'hydrocarbonate mélangé à des sulfates assez bien définis par le rapport $CuSO^4/SO^4$ jusqu'au pH 5,64. A ce moment, on arrive aux proportions indiquées par divers auteurs pour l'obtention du composé $SO^4Cu, 3\,CuO$; celui-ci paraît en effet dominer comme sulfate mélangé au CO^3CuCuO jusqu'au pH 6,00, A partir de ce point, les proportions de SO^4Cu et de CO^3Na^2 doivent amener la précipitation totale du cuivre ($4^g,25$ de CO^3Na^2 pour 10^g $SO^4Cu, 5H^2O$ dans 1000^{cm^3}). On s'aperçoit alors que la quantité de cuivre précipité se stabilise à 94^{mg}, pendant un assez long intervalle de pH.

Ce retard est dû à la formation de bicarbonate de cuivre qui ne précipitera qu'avec un gros excès de CO^3Na^2. En effet, avec 40^{cm^3} de CO^3Na^2 pour 20^{cm^3} SO^4Cu (pH 9,34) on arrive à précipiter sensiblement tout le cuivre, non plus sous forme de sulfate basique et d'hydrocarbonate, mais sous forme d'hydrate $Cu(OH)^2$ et d'hydrocarbonate dans les proportions de 28 à 30^{mg} pour CO^3CuCuO et 70 à 72^{mg} pour $Cu(OH)^2$.

Cm³ de CO^3Na^2.	pH.	Cu total précipité (mg).	Cu (CO^2) (mg).	Cu (SO^4) (mg).	CO^2 précipité (mg).	SO^4 précipité (mg).	$\frac{Cu(SO^4)}{SO^4}$.	Sulfates dominants.
1.....	4,70	6,2	0	6,2	0	3,1	2	$SO^4Cu.2CuO$
2.....	4,87	8,3	0	8,3	0	3,2	2,6	$SO^4Cu.3CuO$
4.....	5,01	12,6	0	12,6	0	3,7	3,4	$SO^4Cu.4CuO$
6.....	5,05	21,5	0	21,5	0	3,3	6,5	$SO^4Cu.9CuO$
8.....	5,11	32,2	11,2	21	3,9	3,5	6	Hydro + $SO^4Cu.9CuO$
10.....	5,17	40,3	19,7	20,6	6,9	7,9	2,6	» + $SO^4Cu.3CuO$
12.....	5,22	45,5	29,9	15,6	10,2	7,5	2,06	» + $SO^4Cu.2CuO$
14.....	5,30	57,5	37,7	19,8	13,3	9,7	2,04	» + $SO^4Cu.2CuO$
16.....	5,37	60	42,30	17,7	14,8	8,8	2,02	» + $SO^4Cu.2CuO$
18.....	5,48	68,5	49,3	19,2	17,2	9,6	2,0	» + $SO^4Cu.2CuO$
20.....	5,64	81	59,3	21,7	20,7	7,6	2,85	» + $SO^4Cu.3CuO$
22.....	5,74	82	65	17	22,6	7,3	2,32	» + $SO^4Cu.3CuO$
24.....	5,94	91	73	18	25,4	7	2,57	» + $SO^4Cu.3CuO$
26.....	6,64	94	81,4	12,6	28,4	6,2	2,03	» + $SO^4Cu.2CuO$
28.....	7,42	94	81,4	12,6	28,4	6,2	2,03	» + $SO^4Cu.2CuO$
30.....	7,95	94	81,4	12,6	28,4	6,2	2,03	» + $SO^4Cu.2CuO$
				Cu[$Cu(OH)^2$].				
40.....	9,34	99	28	71	9,8	traces	–	Hydrocarbonate + hydrate

Il est évident, dès lors, que, si nous versons le SO^4Cu dans CO^3Na^2 à l'inverse de ce que nous avons fait jusqu'ici, le CO^2 se trouvant en milieu alcalin restera dissous; de cette façon, il y aura davantage de bicarbonate de cuivre formé et moins de cuivre précipité. C'est ce que nous avons vérifié pour les deux points principaux de la courbe.

		Carbonate de soude dans sulfate de cuivre.	Sulfate de cuivre dans carbonate de soude.
20^{cm^3} sulfate de Cu 20^{cm^3} carbonate de Na	donnent...	81^{mg} de Cu précipité	$73^{mg},5$ de Cu précipité
20^{cm^3} sulfate de Cu 28^{cm^3} carbonate de Na	donnent...	94^{mg} de Cu précipité	90^{mg} de Cu précipité

Enfin, nous avons voulu voir quels étaient les composés précipités dans les deux cas précédents (20–20, 20–28), lorsque l'équilibre était atteint. Nous avons trouvé, au bout de 4 jours pour les proportions indiquées :

	$SO^4Cu.5H^2O$.	CO^3Na^2.	Cu total précipité.	Cu (CO^2).	Cu(SO^4).	$\frac{Cu(SO^4)}{SO^4}$.
I..........	20^{cm^3}	20^{cm^3}	92^{mg}	20^{mg}	72^{mg}	31
II..........	20^{cm^3}	28^{cm^3}	100^{mg}	100^{mg}	0^{mg}	–

Précipités formés. — I, hydrocarbonate + $SO^4Cu\,4CuO$ dominant; II, hydrocarbonate pur.

Mais au bout de ce temps, par déshydratation, l'hydrocarbonate a donné de la malachite.

Il ressort des essais que nous venons de décrire que la composition chimique d'une bouillie cuprique bourguignonne est sous la dépendance très étroite du pH du milieu, chaque composé insoluble de cuivre ne pouvant exister qu'entre certaines limites de l'acidité ionique.

CHIMIE AGRICOLE. — *La détermination des cendres de mélasses par la conductibilité électrique* [1]. Note de MM. **Émile Saillard** et **R. Saunier**, présentée par M. P. Viala.

Il y a, en France, 108 fabriques de sucre qui, en 1930-1931, ont produit plus de 1 million de tonnes de sucre. Tous les ans, nous analysons les mélasses d'un certain nombre de fabriques de sucre (cette année : les mélasses de 72 sucreries). Nous y dosons : la matière sèche (étuve à 105°-110°), le sucre par le polarimètre, les cendres sulfatées, l'azote total, les sucres réducteurs éventuels, la chaux, l'acide sulfureux, la coloration, le pH.

Le dosage des cendres est fait par incinération, en présence d'acide sulfurique. Les cendres sulfatées ainsi obtenues sont multipliées par 0,9 : c'est donc un dosage conventionnel, qui est employé dans tous les pays du monde et qui rend de très grands services en pratique.

La pureté représente le sucre pour 100^g de matière sèche ; le quotient salin représente la quantité de sucre pour une partie de cendres sulfatées.

Tout ce qui, dans la matière sèche, n'est pas sucre ni cendres sulfatées, est désigné sous le nom de matières organiques : ce sont donc des matières organiques conventionnelles.

Les 72 mélasses de 1932-1933 nous ont donné les résultats moyens suivants :

Matière sèche pour 100^g	78,77
Sucre pour 100^g (par polarisation)	50,73
Cendres sulfatées × 0,9	9,82
Matières organiques conventionnelles	18,22
Pureté	64,43
Quotient salin	5,18

(1) Voir *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1335.

Sur les mélasses de 1926-1927, de même que sur les mélasses de 1932-1933, nous avons fait aussi la détermination des cendres par la méthode de conductibilité ou de résistance électrique.

Nous avons indiqué dans notre Communication (*loc. cit.*) comment nous faisons ces déterminations et comment est construit l'appareil dont nous nous servons.

Nous sommes partis de solutions de mélasse contenant 1^g de cendres sulfatées pour 100^{cm^3}, soit environ 10^g de mélasse pour 100^{cm^3} (solution A).

Nous avons préparé des solutions plus diluées en partant respectivement de 50^{cm^3}, 20^{cm^3}, 10^{cm^3}, 5^{cm^3}, 2^{cm^3} de solution A qui ont été amenées respectivement à 100^{cm^3} avec de l'eau distillée. La composition des solutions diluées a été déduite par le calcul de la composition des solutions (A). La résistance électrique est exprimée en ohms.

Voici donc les résultats moyens que nous avons obtenus en opérant sur ces solutions :

	Pour 100^{cm^3}.				
	Cendres sulfatées $\times 0,9$ (c).	Sucre.	Matières organiques conventionnelles.	Résistance en ohms (r).	Produit $c \times r$.
Solution de mélasse (A)......	1	5,37	1,85	21,7	21,7
50^{cm^3} sol. (A) amenés à 100^{cm^3}.	0,50	2,68	0,92	37	18,5
20 »	0,20	1,07	0,37	85	17,0
10 »	0,10	0,53	0,18	154	15,4
5 »	0,05	0,26	0,09	307	15,3
2 »	0,02	0,11	0,0036	732	14,64

Si l'on fait un graphique, portant les cendres pour 100^{cm^3} en abscisses et les résistances (en ohms) en ordonnées, on obtient une courbe dont le produit de chacun des points aux deux axes perpendiculaires va en diminuant à mesure que la teneur en cendres diminue; cependant, pour une partie de la courbe correspond à la teneur en cendres 0,10-0,05 pour 100, le produit des cendres par la résistance est sensiblement une constante, soit 15,35.

Nous avons donc fait la détermination des résistances électriques sur des solutions de mélasse contenant environ 1 pour 100 de mélasse, soit environ 0,08 à 0,10 de cendres pour 100^{cm^3}, en appliquant la constante 15,35 et cela pour les 72 mélasses de 1932-1933. Nous avons obtenu les résultats moyens suivants que nous mettons en regard de ceux donnés par l'incinération sulfurique :

Teneur en cendres par conductibilité électrique.......... 9,75 pour 100.
« par incinération sulfurique............ 9,82 pour 100.

Quant aux écarts maxima, ils se sont élevés à 0,25 pour 100, et cela pour quelques mélasses seulement : c'est là un écart négligeable.

On peut donc se servir de la conductibilité électrique pour déterminer les cendres des mélasses.

Les mélasses de sucrerie de betteraves contiennent presque toujours environ 8 à 10 pour 100 de cendres sulfatées, 18 à 20 pour 100 de matières organiques conventionnelles et 45 à 50 pour 100 de sucre.

Le produit $c \times r$ est autre pour les produits sucrés plus purs, accusant un quotient salin plus élevé, et cela pour des solutions contenant les mêmes quantités de cendres sulfatées pour 100^{cm^3}. Il est plus élevé, en particulier, pour les jus de betteraves (voir *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1335).

Mais, pour un même poste de travail dans une même usine, les produits sucrés accusent une pureté et un quotient salin qui présentent peu de variations. On peut déterminer le produit $c \times r$ à appliquer pour chacun des postes de travail.

ENTOMOLOGIE. — *Sur la base de l'aile chez les Insectes. Formations pseudocostales et transverses.* Note de M. **P. Vignon**, présentée par M. L. Bouvier (¹).

Basalement, la nervure costale C est bordante. Elle commence dans des parties molles, et souvent différencie la basicostale B*c* de Séguy (²) (*fig.* 1 et 3). Le plafond de la sous-costale S*c* forme une pièce « pseudocostale » (P*sc*, *fig.* 1 et 3), qui, chez beaucoup d'Orthoptères, chez les Coléoptères, les Odonates, engendre une nervure « pseudocostale », rejoignant plus ou moins vite le bord costal (*fig.* 2). La base de la radiale R forme une voûte, large chez les Diptères, étroite chez les Hyménoptères, plus ou moins détruite chez les Coléoptères. Elle est soudée proximalement à l'articulaire thoracique A*x*, et souvent développe, sur l'arrière, une apophyse en crosse (*fig.* 2 et 3). Quand la crosse manque, on voit plonger la jonction basse radio-anale (*fig.* 1). A l'extrémité postérieure de la crosse s'unit l'apophyse antérieure de la première anale 1 A (*ap*, *fig.* 2 et 3), donnant insertion à un muscle (*mu*, *fig.* 3) qui replie l'aile.

(¹) Voir *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1517.

(²) *Faune de France*, 13, *Diptères* (*Brachycères*), 1926, p. 194, fig. 492.

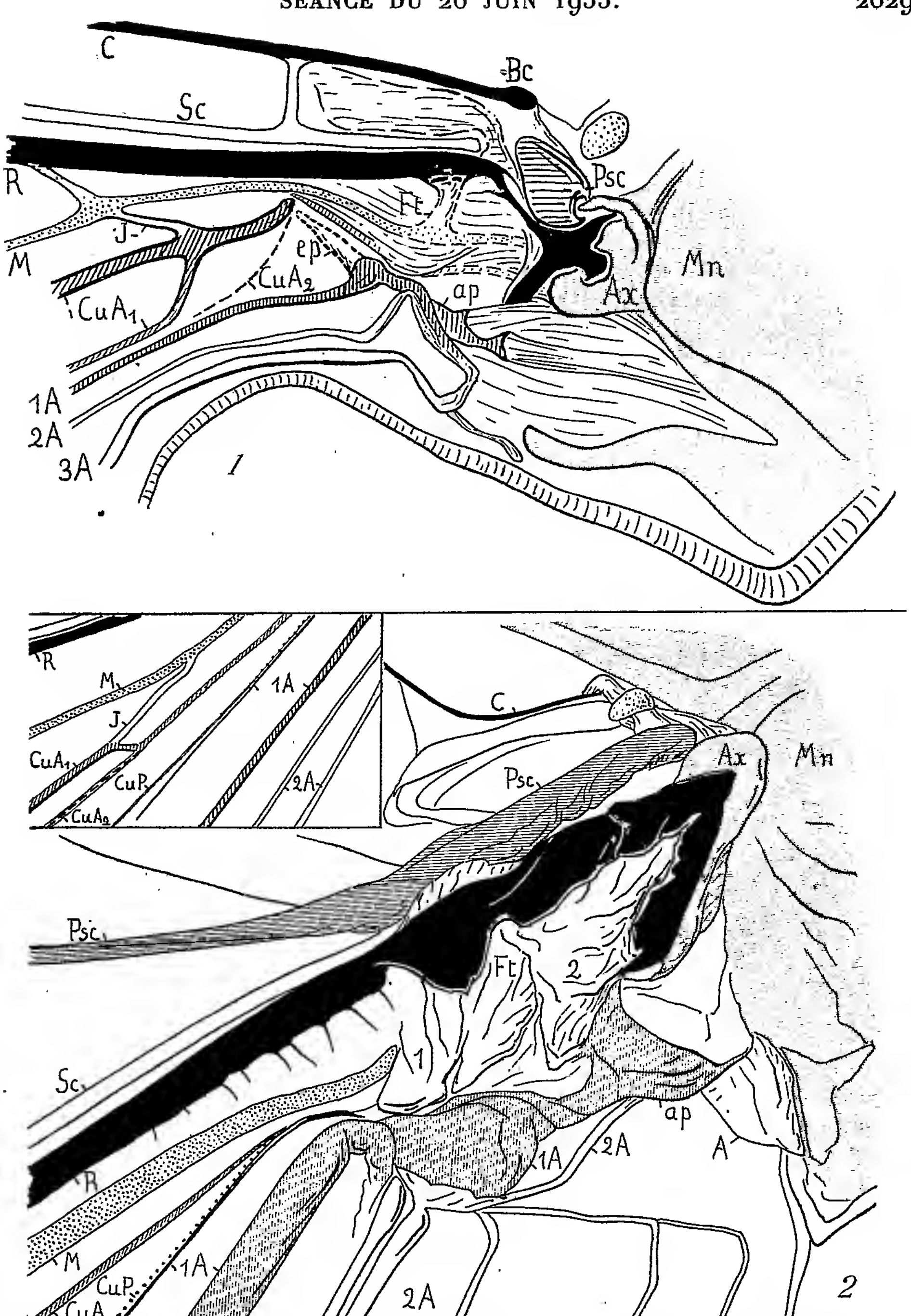


Fig. 1. — Base de l'aile antérieure du Névroptère Planipenne *Palpares libelluloïdes* L.
Fig. 2. — Sauterelle Mécopodinée *Pseudophyllanax imperialis* Montr. Base de l'aile postérieure, dilatée de l'avant comme l'élytre.

Chez les ailes pliantes, des « formations transverses » F*t* croisent souvent les veines médiane et cubitale (*fig.* 1). En se développant, elles détruisent les bases de ces nervures (*fig.* 2 et 3) On y distinguera souvent une région distale 1 et une région proximale 2 : celle-ci renforçant la jonction

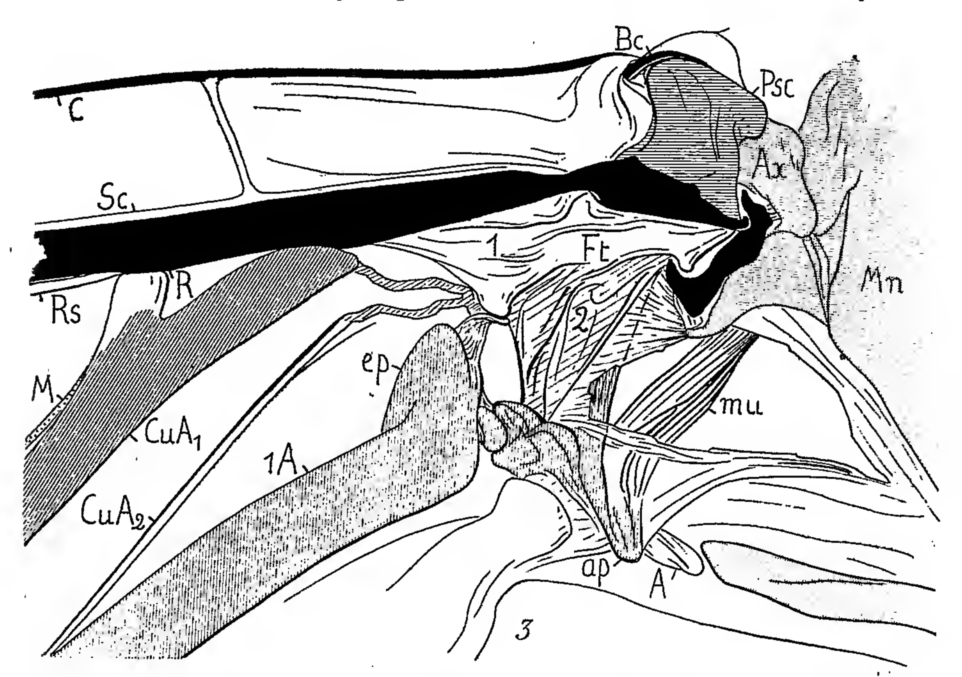


Fig. 3. — Base de l'aile antérieure du Papillon Hépialidé *Chaargia mirabilis* Roths. ♂.

radio-anale. Ces dispositifs soutiennent l'arrière de l'aile : ce à quoi, souvent, 1A contribue en formant, sur l'avant, un épi (*ep*, *fig.* 1 et 3). Une soudure radiocubitale, qui coupe la médiane et supprime le pont médiocubital J, aide à ce renforcement chez les Hyménoptères, les Papillons (*fig.* 3). J se voit figure 1. Très distal chez les Sauterelles (*fig.* 2, en cartouche), il est proximal, et renforce la base de l'aile, chez les Coléoptères.

PHYSIOLOGIE. — *La thermorégulation du travail. Rapports de ses courbes avec celles du repos.* Note [1] de MM. **J. Lefèvre** et **A. Auguet**, transmise par M. d'Arsonval.

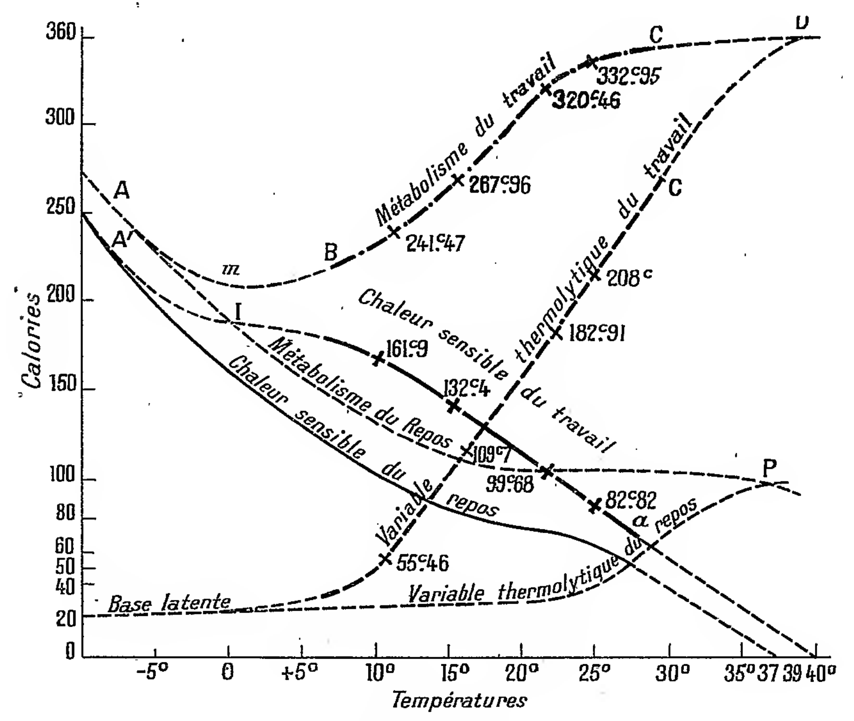
Comme suite à l'étude de la thermorégulation chez l'homéotherme au repos [2], voici celle de la thermorégulation du travail. Nous indiquerons

[1] Séance du 15 mai 1933.

[2] A. Auguet et J. Lefèvre, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 488.

seulement les résultats et les courbes obtenus, ainsi que les lois essentielles qui s'en dégagent, la description des expériences ayant été donnée dans une Note précédente [1] :

Température des expériences.	Chaleur sensible (q).	Chaleur latente (q').	Isotherme de travail pour calcul de c.	Métabolisme du travail $M = q + q' + c$ [2].
°	cal	cal	° °	cal
11	161,98	55,46	37,95-38,00	241,47
16	132,42	109,70	38,05-38,10	267,96
22	99,68	182,91	38,35-38,40	320,46
25	82,82	207,56	38,50-38,55	332,95



Courbes du travail q, q' et M et courbes correspondantes du repos.

Du tableau et des courbes qui précèdent découlent les lois suivantes, dont les unes, concernant le jeu de la machine vivante aux diverses températures, sont *biodynamiques* et les autres, relatives aux conditions d'équilibre de sa propre température, sont *thermorégulatrices*.

---

(1) J. Lefèvre et A. Auguet, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 819.

(2) Le métabolisme ou production calorique du travail est la somme des déperditions sensible et latente $q + q'$ et de la chaleur de réserve c que le corps retient pour élever sa température normale de repos jusqu'à l'isotherme du travail.

Lois biodynamiques. — 1° *Le travail de la machine vivante est plus économique au froid qu'au chaud.* Cette loi précédemment établie par nous ([1]) se complète par les suivantes :

2° En travaillant la machine vivante élève sa température jusqu'à l'isotherme du travail, d'autant plus haute que la température extérieure est plus forte.

3° Le travail le plus économique est donc celui qui se fait sur l'isotherme la plus voisine de la température normale du corps.

4° *Plus, par voie réflexe, la chaleur externe déprime le tonus musculaire, plus le corps s'échauffe au-dessus de sa température normale, pour atteindre l'isotherme capable d'exciter, par voie directe, ce tonus à la grandeur exigée par le travail* ([2]).

Lois thermorégulatrices. — 1° Dans le travail, *la neutralité thermique* (température où le corps ne lutte ni contre le froid, ni contre le chaud) se trouve rejetée plus bas vers le froid et la zone de chaud qui, au repos, s'arrêtait entre 22° et 25° *peut descendre à* 0° *et au-dessous, jusqu'aux très basses températures.*

2° Les chaleurs sensible et latente se développent en ligne droite jusqu'à ces basses températures, comme dans la zone de chaud du repos.

3° Tandis qu'au repos ces mêmes chaleurs sont symétriques dans la zone de chaud (l'une gagnant tout ce que l'autre perd), dans le travail, au contraire, la pente montante de la variable thermolytique devient beaucoup plus rapide que la pente descendante de la sensible.

4° *Il résulte que dans le fort travail, la chaleur latente peut représenter* 65 *à* 70 pour 100 *de la chaleur totale.*

5° Quand la température extérieure atteint et dépasse 25°, le métabolisme s'infléchit vers l'horizontale et tend vers une limite, où la variable thermolytique vient le rejoindre tandis que la chaleur sensible s'annule.

6° Lorsque la température extérieure s'abaisse à 10° et au-dessous, le métabolisme tend encore vers l'horizontale, tandis que la sensible et la variable thermolytique diminuent leurs pentes inverses, l'une vers l'inflexion I, l'autre pour s'appuyer sur la base latente.

Raccordement des courbes du travail et du repos. — 1° Le métabolisme du travail passe, vers 0°, par un *minimum m* (représentant la température

---

([1]) *Loc. cit.*

([2]) C'est pourquoi le travail paraît de plus en plus facile à mesure que la température du corps monte vers l'isotherme.

limite ou neutralité thermique) et se relève ensuite en mA (¹) pour se raccorder vers — 5° avec la courbe du repos.

2° La sensible ne différant plus, dans cette zone, du métabolisme que d'une constante égale à la base latente suit le trajet A'I parallèle au trajet Am, dont elle ne se sépare qu'en face du minimum m et du départ de la variable thermolytique.

3° Enfin cette dernière, diagonale jetée entre la base latente (à la neutralité) et le métabolisme du travail (à l'isotherme), assure les frais de la thermorégulation, réglant son jeu à tout moment et à toutes températures pour l'équilibre isothermique.

Tels sont les résultats de nos recherches dans un domaine jusqu'ici à peu près inexploré.

PHYSIOLOGIE. — *Évolution de l'avitaminose* B *totale chez le Pigeon dans ses rapports avec la digestibilité et la nature des protéides du régime.* Note de M. **Raoul Lecoq**, présentée par M. E. Leclainche.

Mme L. Randoin et R. Lecoq ont établi que les divers glucides introduits à fortes doses dans la ration du Pigeon influencent différemment l'évolution de l'avitaminose B totale (²). La rapidité d'apparition des crises polynévritiques et de la mort des sujets apparaît non seulement en rapport avec la nature de ces glucides, mais encore avec la rapidité de leur absorption intestinale. D'ailleurs, en l'absence de vitamines B, les survies des Pigeons se trouvent nettement abrégées quand on ajoute une dose suffisante de diastase (amylase) à une ration comportant une grande proportion d'amidon ou de fécule (³).

Plus récemment, nous avons montré que les vitamines B sont également indispensables à l'utilisation des protéides et des lipides (⁴), en opposition avec les observations de Funk et Dubin (⁵) et de Mme L. Randoin et H. Simonnet (⁶) qui attribuent à ces deux groupes d'aliments une action

(¹) Zone où le froid est devenu assez fort (— 2°, — 3°) pour que la perte calorique, dépassant la chaleur du travail, impose à celle-ci sa loi de croissance accélérée vers les basses températures.

(²) Mme L. Randoin et R. Lecoq, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1347.

(³) Mme L. Randoin et R. Lecoq, *Journ. Pharm. et Chim.*, 6, 1927, p. 34.

(⁴) R. Lecoq, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1267; 195, 1932, p. 827.

(⁵) C. Funk et H. E. Dubin, *Science*, 52, 1920, p. 447.

(⁶) Mme L. Randoin et H. Simonnet, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 700.

d'épargne sur la quantité de vitamines B exigée normalement par l'organisme. Cette différence d'interprétation, nous semblant liée — du moins en ce qui concerne les protéides — à la digestibilité et à la nature des substances mises en œuvre, nous avons essayé d'en fournir la preuve.

I. C'est à l'aide de régimes à base de peptone de muscle, substance rapidement assimilable (obtenue par action de la pepsine ou de la pancréatine sur le muscle de bœuf), que nous avons établi la nécessité des vitamines B dans l'utilisation par l'organisme des protéides. Dans une nouvelle série d'expériences, nous avons opposé à cette peptone de muscle la poudre de muscle (non peptonisée) seule ou additionnée de doses plus ou moins fortes de pepsine.

Des Pigeons adultes de 350^g recevaient, comme d'ordinaire, par gavage, à la dose de 20^g par jour, des rations dont la composition centésimale était :

Poudre de muscle ou peptone, 82; graisse de beurre, 4; mélange salin d'Osborne et Mendel, 4; agar-agar, 2; papier filtre, 2; la pepsine était substituée à la poudre de viande à raison de 8 ou 16 parties.

Ces rations, toutes privées de vitamines B, donnèrent respectivement les survies suivantes :

Régime à base de peptone de muscle	20 à 35 jours
» de poudre de muscle	> 4 mois
» de poudre de muscle + 8 parties de pepsine	> 4 mois
» » + 16 parties de pepsine	> 4 mois.

La poudre de muscle, moins rapidement assimilée par l'intestin que la peptone correspondante, exerce donc bien, du fait de sa moindre digestibilité, une influence retardatrice sur l'évolution de l'avitaminose B totale; mais les résultats obtenus avec la pepsine et la poudre de muscle se montrent différents de ceux obtenus antérieurement avec la diastase et les divers amidons. L'action de la pepsine sur la poudre de muscle est en effet *trop lente* (1) pour qu'elle puisse intervenir de façon sensible *in vivo* avant l'action propre des enzymes des sucs digestifs du Pigeon.

II. Une modification suffisante des protéides par la pepsine ne pouvant être obtenue efficacement qu'*in vitro*, nous avons utilisé, dans une nouvelle série d'essais, diverses substances azotées ou protides naturels (fibrine,

(1) Tel qu'il est inscrit au *Codex* de 1908, l'essai d'activité de la pepsine prévoit une durée d'action 6 *fois supérieure* à celle de la diastase.

poudre de muscle, ovalbumine), comparant leur action à celle des peptones qui leur correspondent.

A cet effet, nous avons eu recours au régime ci-après :

Protéides purifiés, 50; graisse de beurre, 6; huile d'olive, 23; mélange salin, 6; agar-agar, 10; papier filtre, 3; paraffine, 2; lequel doit être administré par gavage aux Pigeons adultes à la dose de 15g.

Quelle que soit la nature des protides utilisés, ce régime privé de vitamines B n'a pas empêché l'apparition des crises de polynévrite ni la mort des animaux. Toutefois, la durée de la survie, nettement prolongée en certains cas, est toujours en faveur des protides non peptonisés, l'accroissement de digestibilité entraînant une plus grande rapidité d'évolution de l'avitaminose B. On en jugera par les résultats suivants :

Régime à base	de fibrine	40 à 70 jours
»	de peptone de fibrine	25 à 40 »
»	de muscle	70 à 100 »
»	de peptone de muscle	20 à 35 »
»	d'ovalbumine	90 à 120 »
»	de peptone d'ovalbumine	17 à 30 »

L'adjonction de levure de bière (bonne source de vitamines B) en quantité satisfaisante, soit à titre préventif, soit à titre curatif, suffit dans tous les cas à rendre le régime complet et à éviter ainsi toutes manifestations polynévritiques.

Conclusions. — I. L'influence des protéides sur l'évolution de l'avitaminose B chez le Pigeon est donc bien démontrée.

II. La quantité de vitamines B exigée par l'organisme pour l'utilisation de ces protéides paraît en rapport avec la rapidité de l'absorption intestinale conditionnant leur digestibilité, et aussi avec la nature de ces protéides.

III. Non peptonisés, les protides naturels sont susceptibles d'exercer, au même titre que les amidons, mais plus nette encore, une action d'épargne sur les vitamines B fournies par la ration.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les réactions colorées de la vitamine C.* Note de MM. **N. Bezssonoff** et **A. Delire**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La coloration bleue que donne l'acide

$$(MoO^3)(TuO^3)^{17}(T^2O^5).(H^2O)^{24} \quad (^1)$$

en présence de la vitamine C correspond à une réduction irréversible et possède un caractère chimique défini. La même coloration se produit quand trois molécules de l'acide réagissent avec une molécule d'hydroquinol ou de pyrocatéchol. Le jus de citron éprouvé en concentrations variées se conduit comme une solution 1/3 N/100 de ces diphénols. Le tanin, le gaïacol, le pyrogalol, l'acide caféique donnent une coloration jaune brun. Une teinte intermédiaire est donnée par l'esculétol en accord avec la structure de ce composé, étudié en 1924 par Gabriel Bertrand et Djoritch (²). Bien que les extraits antiscorbutiques manifestent toujours la faculté de donner la réaction bleue qui faiblit ou disparaît après destruction de la vitamine C, Bezssonoff ne l'a jamais considérée comme strictement spécifique. Par contre Tillmans (1928-1933) pense doser avec sûreté la vitamine C dans les jus végétaux et l'identifier avec l'acide ascorbique (hexuronique) de Szent-Gyorgyi, en recourant à une réduction réversible, la décoloration du 2-6 chlorphénolindophénol. Indice d'un potentiel d'oxydo-réduction (Clark 1928) voisin d'ailleurs de celui qui caractérise la réaction Bezssonoff, cette décoloration pouvait-elle permettre un dosage direct du réducteur inconnu ?

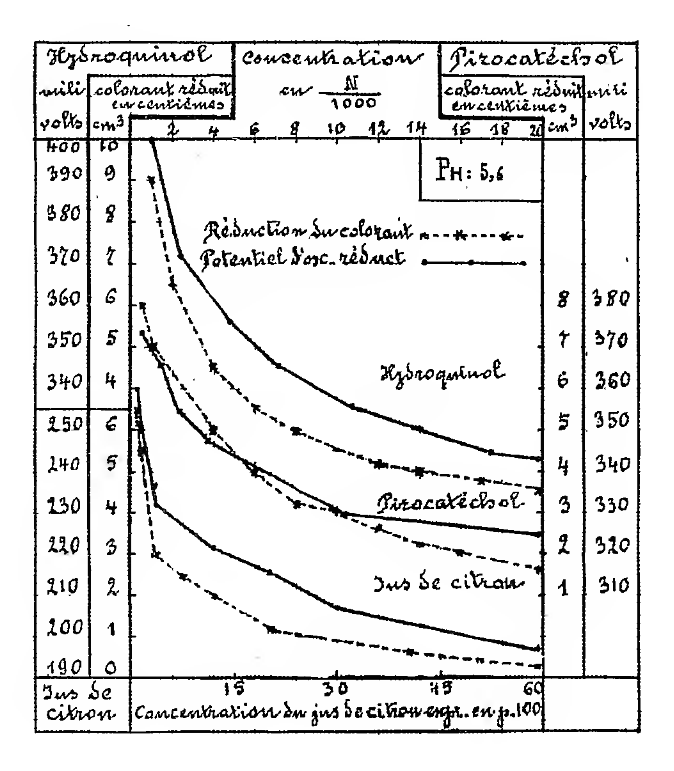
Afin de le vérifier, nous étudiâmes l'influence de *la concentration* d'un réducteur hydroquinol, pyrocatéchol, jus de citron, sur la décoloration du dichlorphénol-indophénol. Ce dernier dilué au N/1000 était ajouté à 10^{cm^3} de la solution du réducteur jusqu'à apparition d'une teinte nette et persistante. Des courbes de titrations furent obtenues en plaçant sur l'ordonnée les nombres de centièmes de centimètre cube du colorant réduit par $2^{mg},18$ d'un diphénol ou par 1^{cm^3} de jus de citron et sur l'abscisse les concentrations de ces corps réducteurs.

(¹) Bezssonoff, *Comptes rendus*, **173**, 1921, p. 466; **182**, 1926, p. 1223; *Bull. Soc. Chim. biol.*, **4**, 1922, p. 83; **11**, 1929, p. 234.

(²) *Comptes rendus*, **178**, 1924. p. 1233.

M. Reiss a déterminé, opérant en présence d'air, le potentiel de réduction (EH) des mêmes solutions non additionnées de colorants (voir le graphique).

Ainsi, des quantités différentes du colorant sont réduites par la même



quantité d'un réducteur éprouvé en concentrations diverses et cela en accord avec le changement de leurs potentiels d'oxydo-réduction. Ceci expliquerait déjà la discordance fréquente que l'on constate entre le résultat d'épreuves biologiques et les chiffres de Tillmans. Notons en outre que la décoloration du dichlorphénolindophénol considérée uniquement comme une réaction qualitative s'avère peu spécifique. De même que la réaction bleue de Bezssonoff, elle se produit dans le jus de choucroûte et certaines urines, liquides privés d'action antiscorbutique. Mais tandis que la réaction bleue ne s'observe que dans les urines de sujets absorbant la vitamine C, une décoloration intense du dichlorphénolindophénol se manifeste parfois dans l'urine des malades. Il est possible que l'acide ascorbique, qui d'après sa configuration (Micheel, 1933) doit provoquer la réaction de Bezssonoff, détermine la décoloration du dichlorphénolindophénol par les jus végétaux.

Mais, pour le prouver, il faudrait identifier le corps réducteur en établissant une série de courbes de titrations ou encore mieux à l'aide de déterminations électrométriques du pouvoir réducteur de ces jus.

Quant aux données de Tillmans confirmant, d'accord avec Bezssonoff (1921) et Szent-Gyorgyi (1932) et contrairement à Zilva, l'existence d'un lien direct entre l'effet antiscorbutique et les phénomènes de réduction, elles n'en précisent pas la nature.

MORPHOLOGIE MICROBIENNE. — *Les sinusoïdes primaires, à boucles égales, du corps des Spirochétidés.* Note (1) de M. G. **Delamare**, présentée par M. Hyacinthe Vincent.

Technique. — Les couples de boucles + et — ont été prélevés sur des spirochètes en S typique ou inversé et, plus rarement, sur des spirochètes polyspirés, peu ou pas ondulés, les uns et les autres assez minces pour pouvoir être regardés comme linéaires. Les couples ainsi obtenus sont placés horizontalement. On prend, comme abscisse, une horizontale passant au-dessus de la boucle, au-dessous de la boucle + et coupant la courbe en son milieu, comme ordonnées, deux verticales unissant le sommet de chaque boucle au milieu du segment correspondant de l'abscisse. La mensuration de ces coordonnées, de réalisation facile lorsque celles-ci sont longues d'un et, à la rigueur, d'un demi-millimètre, donne la longueur de la courbe et du diamètre du cercle de base. A l'aide de ces données, il est possible de reconstruire la courbe considérée à l'échelle convenable, avec 3 ou 6 ordonnées par boucle et de vérifier si cette courbe agrandie est ou non superposable à une sinusoïde de même type et de mêmes dimensions.

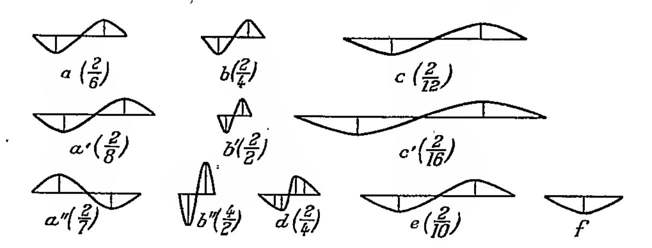
Résultats. — Ils sont consignés dans le tableau ci-annexé où figurent les plus représentatives des courbes rencontrées au cours de nos investigations. En examinant ce tableau, on est, de prime abord, frappé par le fait qu'à une exception près (d), les courbes susceptibles d'être regardées comme les plus représentatives admettent, pour chacune de leurs boucles, une ordonnée maxima médiane. Il est, par ailleurs. permis de s'assurer que si la courbe d, à ordonnée maxima paramédiane, n'est pas superposable à une sinusoïde, les autres le sont et très exactement.

Deuxième particularité digne de remarque : alors que les ordonnées

(1) Séance du 12 juin 1933.

principales apparaissent constantes, les abscisses se montrent des plus variables, tantôt moyennes, tantôt, et plus souvent, courtes ou longues. Or, l'on démontre que les courbes d'abscisse moyenne (a, a') sont des sinusoïdes *typiques*, les courbes d'abscisse réduite (b, b') ou longue (c, c') des sinusoïdes *raccourcies* ou *allongées*.

A côté de ces trois types fondamentaux, en relations avec la demi-



contraction, la contraction et le relâchement du corps des spirochétidés ainsi que de leurs variétés, sur lesquelles il nous est impossible d'insister ici, prennent place d'autres types d'importance moindre mais non négligeable. Suivant que la boucle — est à gauche ou à droite de la boucle +, l'S est typique (a, b, c, etc.) ou inversé (a''), exactement, en somme, comme dans les projections d'hélices droites ou gauches. Quand la longueur de l'ordonnée principale devient double de celle de l'abscisse, éventualité assez rare représentée en b'', la forme en S disparaît. Il en va de même lorsque les boucles + et — se séparent (e), *a fortiori*, lorsque l'une d'elles apparait isolée (f).

Conclusions. — Abstraction faite de la courbe d, les courbes étudiées sont légitimement assimilables à des sinusoïdes *typiques*, *racourcies* ou *allongées* reconnaissables, dans une certaine mesure, à leur forme et, toujours, très exactement caractérisées par la fraction exprimant les valeurs respectives de l'ordonnée principale et de l'abscisse de l'une de leurs boucles.

L'intérêt évident de ces conclusions suffirait à justifier le recours au système d'axes préconisés pour l'étude des spirochètes en S. Il ne sera néanmoins pas superflu d'ajouter qu'en réalité, la méthode en question peut encore, le cas échéant, inscrire à son actif : a, la détermination de l'axe fournie par l'abscisse; b, la possibilité de couper régulièrement les extrémités; c celle de trouver, sur le cercle de base, un appui supplémentaire aux tangentes menées par les saillants de la courbe (génératrices).

PATHOLOGIE. — *Conclusions d'une étude génétique de la langue plicaturée.* Note de MM. **R. Turpin** et **A. Caratzali**, présentée par M. Ch. Achard.

La dystrophie humaine dénommée langue plicaturée ou langue scrotale est assez fréquente puisque nous avons pu en réunir 92 exemples sur 7231 sujets, soit en moyenne 1,27 pour 100. Sa répartition familiale nous a incités à effectuer son étude génétique. Les résultats de cette étude permettent de conclure que la transmission de cette dystrophie suit les lois de l'hérédité discontinue. Nous ne prétendons pas que nos chiffres représentent la fréquence exacte du caractère en France, d'autant que le total des sujets étudiés se décompose en 6281 Français, 740 Israélites polonais, 210 Roumains, Italiens ou Arabes. Il nous semble que parmi les Israélites de Pologne, l'anomalie est plus fréquente que parmi les Français (19 dystrophies sur 740 sujets), mais nous n'avons pas la preuve statistique de cette assertion.

A. Quand la langue d'un enfant est plicaturée, on retrouve presque toujours cette anomalie chez un de ses parents. Dans 51 des 87 familles que nous avons recueillies, l'un des deux parents et au moins un de ses descendants sont atteints de cette dystrophie. Dans douze familles, l'un des parents est dystrophique, mais tous les descendants ont une langue lisse. Parmi ces familles, la plus grande est de valeur 3. Dans vingt autres familles, les deux parents sont indemnes, mais un de leurs descendants au moins est atteint. Dans quatre familles enfin, les deux parents et tous leurs descendants ont une langue plicaturée. En résumé, 76,3 pour 100 des anormaux ont un parent anormal; 19,3 pour 100 n'ont pas de parent anormal; 4,4 pour 100 ont leurs deux parents anormaux. *Ces résultats sont en faveur de la dominance du caractère.*

B. La fréquence des mariages consanguins parmi les familles que nous avons analysées est de $3,4 \pm 2$ pour 100. C'est un excès très relatif puisqu'en France le nombre des mariages consanguins pour la période 1900-1909 a été de 0,87 pour 100 [1]. D'autre part, en raison de la haute incidence de la langue plicaturée, les mariages consanguins ne seraient pas indispensables à la détermination du phénotype, en admettant que ce carac-

[1] Référence prise dans l'article de Hogben (L.), Worral (R. L.) et Zieve (I.), *The genetic basis of alkaptonuria* (*Proceedings of the Royal Society of Edinburgh*, Session 1931-1932, 3, part III, n° 13, p. 264 à 295).

tère soit récessif. *Les résultats de cette étude de la consanguinité ne sont donc pas en faveur de la récessivité.*

C. Nous avons réuni 45 familles issues d'un parent normal et contenant au moins un anormal. En appliquant à nos données la méthode de Bowley et Hogben, nous aurions dû trouver, en cas de détermination unirécessive, $14,458 \pm 3,238$ familles contenant des anormaux au lieu de 45. *Ce désaccord, réserve faite de quelques critiques qui sont exposées ailleurs* ([1]), *est en faveur de la dominance.*

D. En raison de leur nombre trop restreint, les familles issues de deux parents normaux ou de deux parents anormaux n'ont pu nous servir de base à un calcul génétique. Par contre, nous avons pu appliquer aux 51 familles issues d'un parent anormal et d'un parent normal et contenant au moins un anormal, la méthode de Bernstein-Lenz pour le calcul de p et la méthode de Hogben pour le calcul de son erreur standard. Les diverses valeurs de p que nous obtenons par ces calculs se rapprochent toutes de 0,50. Elles concordent avec les valeurs obtenues à l'aide de la méthode directe, et parlent pour *la détermination de la langue plicaturée par un seul gène dominant.*

E. L'étude de la répartition de cette dystrophie selon le sexe nous amène à supposer que *ce gène dominant siège dans un autosome.*

F. La fréquence de l'homozygote dominant apparaît d'après nos calculs $DD = 0,0045$ pour 100 et celle de l'hétérozygote dominant $DR = 1,292$ pour 100 en posant la fréquence du caractère $N = 1,3$ pour 100 et la fréquence du gène $l = 0,65$ pour 100. Il ne serait donc pas étonnant que dans nos observations nous n'ayons que des dominants hétérozygotes.

G. Nous avons tenu compte dans ce travail des langues plicaturées des sujets atteints de mongolisme. En effet, nous avons rencontré dans cinq familles entachées de cette maladie des ascendants ou des collatéraux à langue plicaturée. Si le cas de mongolisme n'était pas apparu dans une de ces fratries, nous aurions considéré cette famille. Il n'y a donc pas de raison pour que nous l'éliminions alors qu'un de ces arriérés y est né. En réalité, la langue plicaturée constitue peut-être un phénotype répondant à des génotypes différents suivant que l'individu est entaché ou non de mongolisme.

H. Le rang, dans la fratrie, des sujets à langue plicaturée, l'étude com-

---

([1]) A. Caratzali, *Étude clinique et génétique de la langue plicaturée* (*Thèse*, Paris, 1933).

parée de leurs dates de naissance et des périodes d'activité génitale maxima de leurs mères nous amènent à penser que la détermination du phénotype n'est pas influencée par un facteur externe.

I. Nous n'avons pu déceler le moindre linkage entre la langue plicaturée et un autre caractère constitutionnel, exception faite d'un linkage très vraisemblable avec la gémellité bivitelline, caractère mendélien récessif.

J. Il est possible que le gène dominant idiochromosomique responsable du caractère langue plicaturée soit pléiotrope; sa pléiotropie se manifesterait par des troubles digestifs et de la croissance.

A 16h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h40m.

E. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Publications périodiques reçues pendant l'année 1932.

EUROPE.

France.

Auxerre. — Société des sciences historiques et naturelles de l'Yonne : *Bulletin*, B 1558.
Avignon. — *Cahiers de pratique médico-chirurgicale*, C 3[2].
Besançon. — *Annales françaises de chronométrie.*
Bordeaux. — Société des sciences physiques et naturelles : *Procès-verbaux des séances*, P 642.
Le Mans. — Société d'agriculture, sciences et arts de la Sarthe : *Bulletin*, B 1735.
Lille. — Facultés catholiques : *Mémoires et travaux publiés par des professeurs*, M 588[1].
— *Information médicale (L')*.
Marseille. — Musée colonial : *Annales*, A 865.
— *Journal des Observateurs*, J 607.
— *Marseille médical*, M 46.
— *Provence médicale.*
Montpellier. — École nationale d'agriculture : *Annales*, A 853 *bis.*
Mulhouse. — Société industrielle : *Bulletin*, B 1634.
Nice. — Association des mutilés de guerre de l'oreille et de tous les déficients de l'ouïe : *Revue de l'ouïe*, R 1242[2].
Paris. — Académie d'agriculture de France : *Comptes rendus hebdomadaires des séances*, B 1861.
— Académie de médecine : *Bulletin*, B 894.
— Académie des sciences : *Annuaire*, I 235; *Comptes rendus hebdomadaires des séances*, C 758.
— Association amicale des anciens élèves de l'École centrale des arts et manufactures : *Annuaire*, A 1280; *Bulletin*, B 914.

---

(1) Cote de l'*Inventaire des périodiques scientifiques des bibliothèques de Paris*. Paris, Masson, 1924-1925; 4 fasc. 23cm. Les cotes du supplément de cet *Inventaire* portent un indice.

Paris. — Association amicale de secours des anciens élèves de l'École Normale supérieure : *Annuaire*, A 2386.

— Association amicale des élèves de l'École nationale supérieure des mines : *Annuaire*, A 1281 ; *Bulletin*, B 916.

— Association de documentation scientifique, industrielle et commerciale : *Bulletin*, A 2283.

— Association de la presse médicale française : *Bulletin*, B 922[1].

— Automobile Club de France : *Bulletin officiel*, A 2603.

— Banque de France : *Assemblée générale des actionnaires*, B 14[1].

— Bureau des Longitudes : *Annuaire*, A 1370.

— Compagnie d'assurances générales (vie et incendie) : *Compte rendu à l'Assemblée générale des actionnaires.*

— Compagnie des chemins de fer du Midi : *Comptes de l'exercice; Rapport du Conseil d'administration*, R 71.

— Compagnie du chemin de fer de Paris à Orléans : *Rapports du Conseil d'administration et de la commission de vérification des comptes*, R 57.

— Compagnie du Soleil (Société anonyme d'assurances) : *Compte rendu des opérations.*

— Compagnie universelle du canal maritime de Suez : *Canal de Suez (Le)*; *Compte de l'exercice.*

— Congrès des sociétés savantes : *Circulaire et programme; Discours prononcés à la séance de clôture.*

— Conseil d'hygiène publique et de salubrité de la Seine : *Comptes rendus des séances*, C 742.

— École Normale supérieure : *Annales scientifiques*, A 1120.

— Énergie électrique du nord de la France : *Assemblée générale ordinaire.*

— Établissements Kuhlmann : *Compte rendu de l'Assemblée générale ordinaire.*

— Exposition coloniale internationale : *Revue des Congrès.*

— Exposition coloniale internationale. Indochine française. Service météorologique : *Atlas; Section des sciences.*

— Fédération internationale du bâtiment et des travaux publics : *Notes périodiques.*

— Fondation Thiers : *Annuaire*, A 1347.

— Hôpital Saint-Michel : *Bulletin.*

— Institut de physique du globe. Station séismologique : *Bulletin séismique.*

— Institut des actuaires français : *Bulletin trimestriel*, B 1014.

— Institut des recherches agronomiques : *Annales des Épiphyties*, A 1090.

— Institut Henri Poincaré : *Annales.*

— Institut national agronomique : *Annales*, A 872.

— Institut national d'agronomie coloniale : *L'Agronomie coloniale*, M 908.

— Institut océanographique : *Annales*, A 873.

— Institut Pasteur : *Annales*, A 874.

— Ministère de la marine : *Annuaire de la Marine*, A 1355.

— Ministère du commerce : *Bulletin officiel de la propriété industrielle et commerciale*, C 98 ; *Rapport général.*

— Observatoire de Paris : *Bulletin astronomique*, B 854.

— Office international d'hygiène publique : *Bulletin mensuel*, B 1042.

PARIS. — Office national météorologique de France : *Bibliographie météorologique*, B 2247; *Bulletin mensuel*, B 2247; *Bulletin quotidien de l'Afrique du Nord; Bulletin quotidien de renseignements*, B 2476[1]; *Bulletin quotidien d'études*, B 2475[1]; *Climatologie aéronautique; Mémorial*, M 677 *bis*[1].

— Société amicale de secours des anciens élèves de l'École polytechnique : *Annuaire*, A 1291 et 1550; *Bulletin*.

— Société amicale des ingénieurs de l'École supérieure d'électricité : *Annuaire*.

— Société anonyme Philips. Bureau d'études : *Bulletin technique Philips*.

— Société astronomique de France : *L'astronomie*, A 2471.

— Société commerciale française au Chili : *Trente-huitième Assemblée générale ordinaire*.

— Société de géographie : *La géographie*, G 233.

— Société de médecine de Paris : *Bulletins et mémoires*, B 1462 *bis*.

— Société d'encouragement pour l'industrie nationale : *Bulletin*, B 1296.

— Société des anciens élèves des Écoles nationales d'arts et métiers : *Arts et métiers*, B 2506.

— Société des ingénieurs civils de France : *Annuaire*, A 1403; *Mémoires et Compte rendu des travaux*, M 583; *Procès-verbaux des séances*, P 631.

— Société des missions étrangères : *Annales*.

— Société française de navigation aérienne : **La Science aérienne** (1).

— Société française de photographie et de cinématographie : *Bulletin*, B 1608.

— Société française des constructions Babcock et Wilcox : *Bulletin technique*.

— Société française des électriciens : *Bulletin*, B 1644.

— Société française Hispano-Suiza : *Revue et Bulletin technique*.

— Société géologique de France : *Bibliographie des sciences géologiques*, B 245[1]; *Bulletin*, B 1619; *Compte rendu sommaire des séances*, C 767; *Mémoires*, M 535.

— Société nationale d'horticulture de France : *Bulletin mensuel*, A 952.

— Société philomathique : *Bulletin*, B 1836.

— Société de secours des amis des sciences : *Annuaire*, C 679.

— Touring-Club de France : *Revue mensuelle*, R 1484.

— Union sociale d'ingénieurs catholiques : *Annuaire; Écho*, E 18.

— Université : *Livret de l'étudiant*, A 92.

— Urbaine (L') (Compagnie anonyme d'assurances contre l'incendie) : *Comptes rendus des opérations*.

— *Annales de chimie*, A 832.

— *Annales de géographie*, A 837.

— *Annales de physique*, A 832.

— *Annales des ponts et chaussées, Partie administrative, Partie technique*, A 1473.

— *Anthropologie (L')*, M 129.

— *Archives de médecine et de pharmacie navales*, A 2134.

— *Bulletin des sciences mathématiques*, B 1843.

— *Chaleur et industrie*, C 202.

— *Chimie et industrie*, C 342.

(1) Le titre des périodiques nouvellement créés est inscrit en caractères gras.

PARIS. — *Cité moderne (La).*
— *Danger aérien (Le) et aéro-chimique.*
— *Enseignement (L') mathématique*, E 278.
— *Études (Les).*
— *Galvano.*
— *Gazette des hôpitaux civils et militaires*, L 27.
— *Journal d'agriculture pratique et journal de l'agriculture*, M 90.
— *Journal de chimie physique*, J 368.
— *Journal de pharmacie et de chimie*, B 1787.
— *Mémorial de l'artillerie française*, M 677 *bis.*
— *Nature (La)*, N 52.
— *Presses universitaires de France.*
— *Progrès (Le) médical*, P 684.
— *Revue d'acoustique.*
— *Revue des combustibles liquides*, R 1214.
— *Revue des roulements à billes*, R 1256[1].
— *Revue du génie militaire*, R 1288.
— *Revue générale de l'électricité*, L 183.
— *Revue générale des sciences pures et appliquées*, R 1362.
— *Revue maritime*, R 1025.
— *Revue scientifique illustrée* (revue rose), R 1216.
— *Technique (La) moderne*, T 50.
— *Tribune (La) médicale*, T 515.

ROUEN. — Société industrielle : *Bulletin*, B 1636.

SAINT-ÉTIENNE. — *Revue de l'industrie minérale*, R 1123.

SAINT-SERVAN. — Laboratoire maritime du Muséum national d'histoire naturelle : **Bulletin.**

STRASBOURG. — Union géodésique et géophysique internationale, section de séismologie Bureau central séismologique international : *Publications*, P 839; *Travaux scientifiques.*
— Université. Service de la carte géologique d'Alsace et de Lorraine : **Mémoires.**

TALENCE. — Observatoire : *Bulletin*, B 1032.

TOULON. — *Côte d'Azur (La) médicale*, C 1049[1].

TOULOUSE. — Académie des sciences, inscriptions et belles-lettres : *Mémoires*, H 74.

Allemagne.

BERLIN. — Preussische Akademie der Wissenschaften : *Abhandlungen*, M 944; *Revue semestrielle des publications mathématiques; Sitzungsberichte*, B 192.
— *Forschungen und Fortschritte*, F 101[1].
— *Wissenschaftliche Veröffentlichungen aus dem Siemens-Konzern.*

BREMEN. — Meteorologisches Observatorium : *Deutsches meteorologisches Jahrbuch* : E 351.

DRESDE. — Wissenschaftliche Forschungsberichte : *Natürwissenschaftliche Reihe.*

GÖTTINGEN. — Gesellschaft der Wissenschaften : *Nachrichten*, N 5.
HALLE. — Kaiserlich leopoldinische deutsche Akademie der Naturforscher : *Nova Acta.*
— *Draht-Welt.*
HANOVRE. — Deutsche Gesellschaft für chemisches Apparatewesen : *Achema.*
HEIDELBERG. — Bädische Landes Sternwarte : *Veröffentlichungen*, V 107.
IENA. — *Zeiss Nachrichten.*
LEIPZIG. — Sächsische Akademie der Wissenschaften : *Abhandlungen der mathematisch-physischen Klasse*, A 44; *Berichte über die Verhandlungen*, B 185.
MÜNCHEN. — Akademie der Wissenschaften. Mathematisch-naturwissenschaftliche Abteilung : *Sitzungsberichte*, J 122.
— Sternwarte : *Veröffentlichungen der Erdphysikalischen warte.*
POSTDAM. — Astrophysikalischen Observatoriums : *Publikationen*, P 815.

Autriche.

WIEN. — Akademie der Wissenschaften : *Almanach*, A 427; *Sitzungsberichte*, S 358.

Belgique.

BRUXELLES. — Académie royale de médecine de Belgique : *Bulletin*, B 899; *Mémoires couronnés et autres mémoires*, M 440.
— Institut international de physique Solvay : *Rapports et discussions du sixième Conseil de physique.*
— Ministère de l'agriculture : *Bulletin du Jardin botanique de l'État*, B 1995.
— Musée royal d'histoire naturelle de Belgique : *Bulletin*, B 2016; *Mémoires*, M 576.
— Société belge de géologie : *Bulletin*, B 1178.
— Société royale de botanique de Belgique : *Bulletin*, B 1736.
— Société scientifique de Bruxelles : *Annales*, A 1101; *Revue des questions scientifiques*, R 1252.
— Université. *Recueil de l'Institut zoologique Torley-Rousseau*, R 208[1].
— *Revue de chirurgie plastique.*
GEMBLOUX. — Institut agronomique de l'État : *Bulletin*, B 1768.
LIÉGE. — Société géologique de Belgique : *Annales*, A 980.
— Société royale des sciences : **Bulletin**; *Mémoires*, M 557.
— Université. Institut de botanique : *Archives*, A 2116.
LOUVAIN. — Université. Laboratoire d'astronomie et de géodésie : *Publications*, P 840[2].
TERVUEREN. — Musée du Congo belge : *Annales*, A 1083.
UCCLE. — Observatoire royal de Belgique : *Annuaire*, A 1315; *Bulletin astronomique*; *Bulletin séismique*, B 2490.

Danemark.

KOBENHAVN (COPENHAGUE). — Danmarks Geodaetisk Institut : *Bulletin of the seismological Station.*

KOBENHAVN (COPENHAGUE). — Kgl. Danske Videnskabernes-Selskabs (Académie royale des sciences et des lettres) : *Biologiske Meddelelser*, D 13 ; *Mathematisk-fysiske Meddelelser*, K 59 ; *Oversigt (Bulletin)*, O 279 ; *Skrifter (Mémoires)*, S 372.

Espagne.

BARCELONA. — Academia de ciencias y artes : *Boletin*, B 434 ; *Memorias*, M 693.
— Museu de ciencias naturals : *Treballs*, T 501².
— *Junta de ciencias naturals*, A 318.
— *Ciencia*, C 397¹.

MADRID. — Academia de ciencias, fisico-quimicas y naturales : *Anuario*, A 1897 ; *Memorias*, M 692 ; *Revista*, R 755.
— Observatorio astronomico : *Anuario*, A 1908.
— Sociedad española de historia natural : *Boletin*, A 691 ; **Revista española de biologia.**
— Sociedad geografica nacional : *Boletin*, B 460.

SAN FERNANDO. — Instituto y Observatorio de Marina : *Carta fotografica del cielo*
— *Almanaque nautico*, A 555.

Finlande.

HELSINKI (HELSINGFORS). — Academia scientiarum fennica (Suomalaisen tiedeakatemian) : *Annales (Toimituksia)*, S 750 ; *FF (Folklore Fellows) Communications*, F 0¹ ; *Index operum (Julkasuja)*.
— Commission géologique de Finlande (Suomen geologinen Toimikunta) : *Bulletin* B 1093 *bis* ; *Geologisköversiktskarta*, G 271.
— Merentutkimuslaitoksen julkaisu havsforskningsinstituts (Institut thalassologique) : *Skrifter*, M 735¹.
— Observatoire astronomique : *Catalogue photographique du ciel.*
— Societas geographica fenniæ : *Acta geographica*, A 119³ ; *Fennia*, F 32.
— Societas scientiarum fennica : *Acta*, A 139 ; *Årsbok-Vuosikirja*, S 395¹ ; *Bidrag till Kännedom af Finlands natur och folk*, B 318 ; *Commentationes biologicæ* S 395² ; *Commentationes physico-mathematicæ*, C 573 *bis*.

KUOPIO. — Finnische Akademie der Vissenschaften. Magnetische Observatorium : *Veröffentlichungen.*

Grande-Bretagne.

BIRMINGHAM. — Natural History and Philosophical Society : *Annual Report*, B 363 *bis* ; *Proceedings*, P 525.

CAMBRIDGE. — Observatory : *Annual Report*, C 48.
— Solar Physics Observatory : *Annals*, A 1207 ; *Annual Report of the Director*, A 1721.
— *Discovery Reports.*

DUBLIN. — Royal Dublin Society : *Economic Proceedings*, E 113 ; *Scientific Proceedings*, J 845.

DUBLIN. — Royal Irish Academy : *Proceedings*, P 600.
EDINBURGH. — Geological Society : *Transactions*, T 306.
— Royal Observatory : *Annual Report of the Astronomer Royal for Scotland*, A 1665.
— Royal Physical Society : *Proceedings*, P 601.
— Royal Society : *Proceedings*, P 602 ; *Transactions*, T 402.
GREENWICH. — Royal Observatory : *Report of the Astronomer Royal to the Board of Visitors*, R 429.
HARPENDEN. — Rothamsted Experimental Station : *Report*.
— *Rothamsted Memoirs on Agricultural Science*, R 1713 *bis*.
LONDON. — British Astronomical Association : *Handbook*, B 742 ; *Journal*, J 798 ; *Memoirs*, M 610.
— Geological Society : *Geological Literature*, G 244 ; *Quarterly Journal*, Q 11.
— Institution of Mechanical Engineers : *Proceedings*, P 560.
— Mathematical Society : *Journal*, J 819[1] ; *Proceedings*, P 569.
— Meteorological Office : *Annual Report of the Director ; Geophysical Memoirs* M 783 ; *Meteorological Extracts from the Annual Reports of the British Colonies ; Meteorological Observations made in British Colonies and Protectorates ; Monthly Weather Report*, M 781 ; *Observatories' Year Book*, O 100[1] ; *Weekly Weather Report*, M 781.
— National Physical Laboratory : *Collected Researches*, N 25 ; *Report for the Year*, N 26.
— Royal Astronomical Society : *Monthly Notices*, M 1256.
— Royal geographical Society : *Geographical Journal*, G 231.
— Royal Institution of Great Britain : *Proceedings*, N 258 ; *Record*, R 196[1].
— Royal Microscopical Society : *Journal*, T 361.
— Royal Society : *Obituary Notices of Fellows*, O 0[1] ; *Philosophical Transactions*, P 225 ; *Proceedings*, A 72 ; *Year Book*, Y 20.
— Royal Society of Medicine : *Proceedings*, P 603.
— *A Catalogue of Periodical Literature*.
— *Chemical News and Journal of Industrial Science*, C 311.
— *Nautical Almanach and Astronomical Ephemeris*, N 73.
— *World Power*.
MANCHESTER. — Literary and Philosophical Society : *Memoirs and Proceedings*, M 627.
SIDMOUTH. — Norman Lockyer Observatory : *Directors' Annual Report*, N 203[2].

Grèce.

ATHÈNES. — Académie d'Athènes : *Praktica*.
— Chambre technique de Grèce : **Chronique technique**.

Italie.

BOLOGNA. — Osservatorio astronomico della R. Universita : *Pubblicazioni*, P 784 *bis*.
— *Giornale di bibliografia tecnica internazionale*, G 316[1].
CATANIA. — Reale Osservatorio astrofisico di Catania : *Annuario*, R 175[1] ; *Attivita del Sole (L') ; Catalogo astrofotografico internazionale*.

Citta del Vaticano. — Pontificia Academia scientiarum nuovi Lincei : *Atti*, A 2538 ; *Memorie*, M 708 ; *Scientiarum nuncius radiophonicus.*

— Specola astronomica vaticana : *Carta fotografica del cielo ; Rassegna delle nebulose oscure.*

Milano. — Reale Istituto lombardo di scienze e lettere : *Memorie*, M 705 *bis* ; *Rendiconti*, R 175.

— Universita cattolica del Sacro Cuore : *Pubblicazioni.*

— *Gazzetta medica lombarda*, G 175.

— *Scientia*, R 1665.

Modène. — R. Accademia di scienze, lettere ed arti : *Atti e Memorie*, A 2549 et M 710.

Napoli. — Societa italiana di Biologia sperimentale : *Bollettino*, B 618[1].

— Societa reale di Napoli. Accademia delle scienze fisiche e matematiche : *Rendiconti*, R 332.

Padova. — Universita : *Rendiconti del Seminario Matematico.*

Palermo. — Circolo matematico : *Indice delle Pubblicazioni ; Rendiconti*, R 329.

Parma. — Ministerio dei lavori pubblici. Servizio idrografico. Ufficio idrografico del Po : *Annali idrologici*, U 8[1] ; *Pubblicazioni.*

— Ministerio dei lavori pubblici. Circolo superiore d'ispezione per il Po : *Bollettino annuale*, B 563 *bis*[1] ; *Bollettino trimestriale.*

Pisa. — Reale Scuola d'ingegneria : *Pubblicazioni*, R 177 *bis*[1].

— Reale Scuola normale superiore : *Annali*, A 1143.

Reggio. — R. Stazione sperimentale per l'industria delle essenze e dei derivati dagli agrumi : *Bollettino ufficiale*, B 659[1].

Roma. — Consiglio nazionale delle ricerche : *Bibliografia Italiana*, B 226 *bis* ; *La ricerca scientifica.*

— Institut international d'agriculture : *Revue internationale d'agriculture* B 1902.

— Ministero dell' aeronautica. Direzione generale dei servizi del materiali e degli aeroporti. Ufficio presagi : *Annali*, A 1140[1].

— Ministero dell' agricoltura e delle foreste : *Nuovi annali dell' Agricoltura*, A 1131.

— Reale Accademia nazionale dei Lincei : *Annuario*, A 1851 ; *Atti*, A 2546 ; *Memorie*, A 2546 ; *Rendiconti*, A 2546.

— Societa italiana delle Scienze : *Annuario.*

— R. Ufficio centrale di meteorologia e geofisica : *Annali*, A 1140 ; *Memorie*, M 702[1].

Siena. — *Rassegna di Studi psichiatrici*, R 161.

Torino. — Academia pro Interlingua : *Schola et Vita.*

— Reale Accademia delle Scienze : *Atti*, A 2547.

Venezia. — R. Comitato talassografico italiano : *Memorie*, S 394[1] et R 173[2].

— Reale Istituto veneto di scienze lettere ed arti : *Atti*, A 2571.

Latvie.

Riga. — Latvijas Biologijas Biedrîbas : *Radsti.*

Luxembourg.

Luxembourg. — Institut Grand Ducal : *Archives*, S 484.

Monaco.

MONACO. — Institut océanographique : *Bulletin*, B 2015.

Norvège.

BERGEN. — Museum : *Åarsberetning*, B 118; *Årbok*, B 118; *Skrifter*, B 119.
— Norwegian north polar expedition with the « Maud » : *Scientific Results*.
OSLO. — Norske videnskaps-Akademi : *Geofysiske Publikasjoner*, G 221 *bis*.

Pays-Bas.

AMSTERDAM. — Koninklijke Akademie van Wetenschappen : *Proceedings of the Section of Sciences*, K 81 ; *Verhandelingen*, V 25.
— Nederlandsche botanische Vereeniging : *Nederlandsch Kruidkundig Archief*, N 92.
— *Recueil des travaux botaniques néerlandais*, N 92.
DE BILT. — Koninklijk nederlandsch meteorologisch Instituut : *Annuaire; Ergebnisse aerologischer Beobachtungen ; Monthly meteorological Data for ten-degree squares in the oceans ; Oceanographische en meteorologische Waarnemingen in den Atlantischen Oceaan ; Overzicht der meteorologische Waarnemingen, verricht op de meteorologische Stations in Nederlandsch West-Indië ; Seismeische registrierungen in De Bilt*, S 272.
HAARLEM. — Musée Teyler : *Archives*, A 2162.
— Société hollandaise des sciences : *Archives néerlandaises de phonétique expérimentale ; Archives néerlandaises de physiologie de l'homme et des animaux*, A 2185.
— Teyler's Tweede Genootschap : *Verhandelingen*, V 32.
LEIDEN. — Physical Laboratory of the University : *Communications*, C 616.

Pologne.

KRAKÓV (CRACOVIE). — Polskiego Towarzystwa geologicznego (Société géologique de Pologne) : *Rocznik (Annales)*, R 1704[2].
LWOW. — Société polonaise des naturalistes « Kopernik » : *Kosmos*, K 89[1].
— *Studia mathematica*.
PULAWY. — Institut national polonais d'économie rurale : *Mémoires*, P 27[1].
WARSZAWA (VARSOVIE). — Nencki Institute of experimental Biology 1920-1927 : *Acta Biologiæ experimentalis*.
— Societas botanicorum Poloniæ : *Acta*, A 134[1].
— Société des sciences et des lettres : *Annuaire (Rocznik)*, R 1704[1]; *Comptes rendus des séances (Sprawozdania)*, C 671.
— Société polytechnique : *Comptes rendus (Sprawozdania i Prace)*, S 566[2].

Portugal.

COIMBRA. — Universidade. Observatorio astronomico : *Efemérides astronomicas*, E 303.
PORTO. — Faculdade de sciencias : *Anaïs*, A 655[1].

Roumanie.

Bucuresti (Bucarest). — Académie roumaine : *Bulletin de la section scientifique*, B 1147.
— Institut expérimental roumain pour la culture et la fermentation du tabac : *Bulletin* (Buletinul cultivărei şi fermentărei Tutunului).
— Institut national roumain pour l'étude de l'aménagement et de l'utilisation des sources d'énergie : *Publications*.
— Ministerului agriculturii si domeniilor : *Buletinul informativ*.
— Société médicale des hôpitaux : *Bulletins et mémoires*, B 2170.

Russie.

Kharkow. — Société mathématique : *Communications*, C 615.
— *Journal chimique de l'Ukraine*, O 265[2].
Kieff. — Académie des sciences de l'Ukraine : **Journal du cycle industriel et technique**; **Journal du cycle mathématique**; *Journal du cycle médical; Publications; Ukrainæ tabularium*.
— Jardin botanique : *Bulletin*.
Krasnodar. — *Travaux de l'Institut pédagogique du Kuban*, T 538[1].
Leningrad. — Académie des sciences : *Bulletin*, B 2485; *Comptes rendus*, C 628.
— Académie des sciences. Pacific Committee : *Transactions*.
— Institut de médecine expérimentale : *Archives des sciences biologiques*, A 2157.
— Lenin's Academy of Agricultural Sciences. Institute of Plant industry : *Plan, protection*.
— Société russe de minéralogie : *Mémoires*, V 72.
Moskva (Moscou). — Comité géodésique : *Bulletin*.
— Geological and prospecting Service : *Bulletin; Bulletin of the Information Service of the Association for the Study of the European Quaternary; Transactions*.
— Scientific Institute of National Economy : *Transactions*.
— Scientific Research Institute of the supreme Council of National Economy : *Transactions of the Central aerohydrodinamical Institute; Transactions of the State Institute for Testing Building materials*.
— Scientific technical Department of the supreme Council of National Economy : *Transactions*, S 232[1].
— *Revue zoologique russe*, R 1612[1].
Tomck. — State University : *Transactions*.
Vladivostok. — Observatoire géophysique central : *Annales*.

Suède.

Göteborg. — Kunglika Vetenskaps-och Vitterhets-Samhälles : *Handlingar*, G 374.
Stockholm. — K. Svenska Vetenskaps Akademiens : *Arkiv för botanik*, B 331; *Arkiv för Kemi, Mineralogi och Geologi*, B 331; *Arkiv för Matematik, Astronomi och Fysik*, B 331; *Arkiv för Zoologi*, B 331; *Årsbok*, K 67; *Handlingar*, S 775; *Levnadsteckningar*, L 59 *bis*; *Skrifter i naturskyddsärenden*, K 67[1].

STOCKHOLM. — Statens meteorologisk hydrografiska anstalt : *Årsbok*, S 590[1]; *Meddelanden*, M 174.

— Sveriges geologiska undersökning, S 776; *Årsbok*, S 776 *bis*; *Kartblad; Oversiktskarte.*

— *Acta mathematica*, A 126.

— *Les prix Nobel*, P 483.

UPPSALA. — Regiae. Societatis Scientarum Uppsaliensis : *Nova acta*, A 125.

— Université. Anatomichen Institut : *Läkareförenings Förhandlingar.*

— Université. Geological Institution : *Bulletin*, B 2364.

— Université. Observatoire météorologique : *Bulletin mensuel*, B 2318.

Suisse.

BALE. — Société de chimie helvétique : *Helvetica chimica acta*, H 52.

— *Catalogue des écrits académiques suisses*, C 97.

BERNE. — Bibliothèque nationale suisse : *Rapport*, B 309[1].

GENÈVE. — Observatoire : *Publications*, O 29.

— Société astronomique Flammarion : *Bulletin*, B 1171[1].

— Société de physique et d'histoire naturelle : *Comptes rendus des séances*, C 665; *Mémoires*, M 511.

— Société des nations : *Rapport épidémiologique de la section d'hygiène du Secrétariat*, S 474.

— *Archives des sciences physiques et naturelles*, B 313.

LAUSANNE. — Institut international de mécanoculture : *Comptes rendus sténographiques des séances de la troisième semaine internationale du machinisme à la ferme; Le courrier de l'I. M. C.*

— Société helvétique des sciences naturelles : *Mémoires*, D 37.

— Société helvétique des sciences naturelles. Commission géologique : *Matériaux pour la carte géologique de la Suisse.*

— Société vaudoise des sciences naturelles : *Bulletin*, B 1862; *Mémoires*, M 558[1].

ZURICH. — Eidgenössische Sternwarte : *Astronomische Mitteilungen*, M 1066.

— Eidgenössiche Sternwarte. International astronomical Union : *Bulletin for character figures of solar phenomena.*

— Schweizerischen meteorologischen zentral-Anstalt : *Annalen*, S 165.

Tchécoslovaquie.

BRNO. — École des hautes études vétérinaires (Vysoká Škola zvěrolékařské) : *Publications biologiques (Biologicke Spisy)*, P 821[1].

— École supérieure d'agronomie (Vysoká Skolá zemědelské) : *Bulletin (Sbornik)*, B 989[2].

— Université Masaryk : *Publications de la Faculté de médecine*, P 835[2]; *Publications de la Faculté des sciences*, S 558.

PRAHA (PRAGUE). — Ceská Akademie Věd a Umění (Académie tchèque des sciences et des arts) : *Bulletin international*, B 2197; *Paleontographica bohemiæ*, P 14[1]; *Rozpravy*, R 1740.

Praha (Prague). — Observatoire national (Státni) Hvězdárny : *Annuaire astronomique (Hvězdářská Ročenka)*, H 142 ; *Publications*, P 833[1].
— *Collection des travaux chimiques de Tchécoslovaquie*, C 511[1].

Turquie.

Ankara (Angora). — Institut météorologique de la République Turque : *Bulletin de la distribution pluviométrique du pays.*

Yougoslavie.

Beograd (Belgrade). — Académie royale serbe des sciences et des arts : *Comptes rendus.*
— Université. Institut séismologique : *Publications.*
— Université. Observatoire astronomique : *Mémoires.*
Zagreb. — Veterinarsky Fakultata : *Veterinarski Archiv.*

ASIE.

Chine.

Canton. — Geological Survey of Kwangtung and Kwangsi : *Special Publications*
— Observatoire de l'Université Sun Watsen : *Revue bimensuelle.*
Hong-Kong. — Royal Observatory : *Monthly Meteorological Bulletin*, M 1254[1] ; *Monthly Seismological Bulletin*, M 1267[2] ; *Report of the Director*, R 460.
Nanking. — Academia Sinica. Metropolitan Museum of Natural History : *Sinensia*
— Academia Sinica. National Research Institute of Chemistry : *Memoirs.*
— Academia Sinica. National Research Institute of Engineering : **Memoirs.**
— Academia Sinica. National Research Institute of Geology : **Contributions** ; *Memoirs ;* **Monograph.**
— Academia Sinica : National Research Institute of Meteorology : *Monthly meteorological Bulletin.*
— Academia Sinica. National Research Institute of Social Sciences : *Monograph. Publications.*
— Central Industrial Laboratories : *Industrial Center.*
— Science Society of China : *Contributions from the biological Laboratory.*
Peiping (Peking). — Geological Society of China : *Bulletin*, B 2365[1].
— National Academy. Geological Survey of China : *Geological Bulletin*, B 2366 *bis* ; *Geological Memoirs ; Memoirs*, M 617 ; *Paleontologia sinica*, P 16 *bis* ; *Seismological Bulletin.*
— National Library : *Annual Report.*
— National Tsing Hua University : *Science Reports.*
Shanghaï. — Science Institute : *Bulletin.*

États du Levant sous Mandat français.

— Service central météorologique : *Bulletin mensuel.*

Indes anglaises.

Allahabad. — Academy of Sciences : **Bulletin.**
— Indian Mathematical Society : *Journal*, J 818.
Bombay. — Government Observatories : *Magnetic Meteorological and Seismographic Observations*, M 60.
Calcutta. — Geological Survey of India : *Memoirs*, M 620; *Records*, R 193.
— Indian Museum : *Memoirs*, M 625; *Records*, R 196.
Ceylon. — *Ceylon Journal of Science*, C 198[1].
Kodaikanal. — Observatory : *Bulletin*, K 49; *Report*, A 1713.

Indochine.

Hanoï. — Inspection générale des Mines et de l'Industrie. Service de la Statistique générale de l'Indochine : *Annuaire statistique de l'Indochine.*
— Service géologique : *Bulletin*, B 2032.
— *Bulletin économique de l'Indochine*, B 2153.
Phu Lien. — Observatoire central. Service météorologique de l'Indochine : *Annales : Bulletin pluviométrique*, O 85.

Japon.

Fukuoka. — Kyushu Imperial University : *Memoirs of the College of Engineering*, M 614.
Hiroshima. — University : *Journal of Science.*
Kyoto. — Imperial University : *Acta scholæ medicinalis*, A 134.
— Imperial University. College of Agriculture : *Memoirs*, M 613[1].
— Imperial University. College of Engineering : *Memoirs*, M 615.
— Imperial University. College of Science : *Memoirs*, M 615.
Nagoya. — University (Nagoya Ikwa-Daigaku) : *Nagoya Journal of Medical Science*, N 8[1].
Port-Arthur. — Ryojun College of Engineering : *Memoirs*, M 641[1].
Sapporo. — Hokkaido Imperial University. Faculty of Engineering : *Memoirs*, M 616[2].
— Hokkaido Imperial University. Faculty of Science : *Journal.*
Sendai. — Saito Gratitude Foundation (Saito-Ho-On-Kai) : *Annual Report of the Work*, A 1814[1].
— Tôhoku Imperial University : *Science reports*, S 215 *bis*; *Mitteilungen über allgemeine Pathologie und pathologische Anatomie*, M 1065[1]; *Technology reports*, T 59, *Tôhoku Journal of Experimental Medecine*, T 179; *Tôhoku Mathematical Journal*, T 180.

TAIHOKU. — Imperial University : *Memoirs of the Faculty of Science.*
TOKYO. — Astronomical Society of Japan : *Observations of Variables Stars.*
— Chemical Society of Japan : *Bulletin*, B 2355[1].
— Imperial Academy : *Proceedings*, P 554[1].
— Imperial Earthquake Investigations Committee : *Bulletin*, B 2376; *Contents of the Publications.*
— Imperial University (Tokio Teikoku Daigaku) : *Calendar*, T 182.
— Imperial University. Aeronautical Research Institute : *Report*, R 425[1].
— Imperial University. Astronomical Observatory : *Astronomical Bulletin.*
— Imperial University. Earthquake Research Institute : *Bulletin*, B 2360[1].
— Imperial University. Faculty of Engineering : *Journal*, J 810[1].
— Imperial University. Faculty of Science : *Journal*, M 642 et J 810[2].
— Imperial University. Government Institute for Infections Diseases : *Japanese Journal of Experimental Medecine.*
— Institute of Electrical Engineers of Japan (Denki-Gakkwai) : *Advance Copy of Lecture.*
— Institute of Physical and Chemical Research : *Bulletin*, B 2377[1]; *Scientific Papers* S 229.
— Iwata Institute of Plant Biochemistry : *Acta phytochimica*, A 131.
— Japenese National Committee World Power Conference : *Power Bibliography.*
— National Research Council of Japan : *Japanese Journal of Astronomy and Geophysics*, J 245; *Japanese Journal of Botany*, J 245 *bis*; *Japanese Journal of Medical Sciences; Japanese Journal of Physics*, J 245 *quinter; Report.*
— National Research Council of Japan. Radio Research Committee : *Reports of Radio Researches and Works in Japan.*
— Physico-mathematical Society of Japan : *Proceedings*, T 184.
— Society of Chemical Industry : *Journal*, J 853[1].
— Society of Mechanical Engineers : *Journal.*
— University of Litterature and Science (Tokio Bunrika Daigaku) : *Science Reports.*
— Waseda University : *Memoirs of the Faculty of Science and Engineering.*

Palestine.

HASHAHAR. — Independent Biological Laboratories : *Bulletin.*

Siam.

BANGKOK. — Royal Survey Department. Ministry of Defence : *Report on the Operations.*

Syrie.

KSARA. — Observatoire : *Annales*, A 885[1].

AFRIQUE.

Afrique Occidentale française.

Gorée. — Service météorologique de l'A. O. F. : *Bulletin.*

Algérie.

Alger. — Institut Pasteur d'Algérie : *Archives*, A 2116[3].

British East African.

Nairobi. — Meteorological Service : *Annual Report ; Memoirs ; Meteorological Observations ; Results of Meteorological Observations ; Summary of Rainfall.*

Égypte.

Cairo. — Ministry of Agriculture. Technical and Scientific Service : *Bulletin.*

Madagascar.

Tananarive. — Académie Malgache : *Bulletin*, B 2510 ; *Mémoires*, M 450[1].

Maurice (Ile).

Port-Louis. — Royal Alfred Observatory : *Results of Magnetical and Meteorological Observations*, M 771.
— Royal Society of Arts and Sciences : *Transactions*, T 401.

Tunisie.

Tunis. — Institut Pasteur de Tunis : *Archives*, A 2117.
— Service botanique et agronomique de la direction générale de l'agriculture, du commerce et de la colonisation : *Annales*, A 1089[1].

Union of South Africa.

Bloemfontein. — Nasionale Museum : *Argeologiese Navorsing; Paleontologiese Navorsing.*
Capetown. — Royal Observatory Cape of Good Hope : *Annals*, A 1194 ; *Report of His Majesty's Astronomer at the Cape of Good Hope to the Secretary of the Amiralty*, R 424.

AMÉRIQUE.

Argentine.

BUENOS-AIRES. — Facultad de Ciencias exactes, fisicas y naturales : *Publicaciones*.
— Ministerio de agricultura : *Boletin*, B 511.
— Ministerio de agricultura. Dirección general de mines y geologie : *Publicación*.
— Museo nacional de historia natural : *Anales*, A 725.
— Seminario matemático argentino : *Boletin*.
— Sociedad argentina de ciencias naturales : *Physis*, P 324.
— Sociedad cientifica : *Anales*, A 687.
— Sociedad entomologica argentina : *Revista*.
— *Revista zootécnica*, R 934.

Brésil.

RIO DE JANEIRO. — Academia brasileira de sciencias : *Annaes*.
— Museo nacional : *Boletim*, B 406 *bis*[1].
— Observatorio nacional : *Annuario*, A 1368; *Taboas das marés*, T 28[1].
— Sociedade Brasileira de Chimica : *Revista Brosileira de Chimica*, R 686[1].
— *Revista medico-cirurgica do Brasil*, R 883.

Canada.

MONTREAL. — Université : *Annuaire général*.
OTTAWA. — Canadian Patent Office : *Record and Register of Copyrights and Trade Marks*, C 66.
— Department of Marine. Canadian Hydrographic Service : *Tide Tables for the Atlantic Coasts of Canada ; Tide Tables for the Pacific Coast of Canada*.
— Department of Mines : *Annual Reports*, C 55; *Mines Branch*.
— Department of Mines. Musée national du Canada : *Bulletin*.
— Department of the Interior. Dominion Observatory : *Magnetics Results ; Publications*, D 137.
— Geodetic Survey of the Canada : *Annual Report of the Director*, A 1796.
TORONTO. — Biological Stations of Canada : *Contributions to Canadian Biology and Fisheries*, C 1001.
— Ministry of Fischeries. Biological Board of Canada : *Annual Report on the Work ; Bulletin*, B 2346[2].
— Royal astronomical Society of Canada : *Journal*, T 281.
— Royal Canadian Institut : *Transactions*, C 63.

Chili.

CONCEPCION. — Sociedad de Biologia : *Boletin*.
SANTIAGO. — Observatorio del Salto : *Boletin*, B 522[1]; *Memoria anual*.

Cuba.

La Habana. — *Boletin oficial de marcas y patentes*, B 558.

États-Unis.

Albany. — University of the State of New-York. New-York State Museum : *Bulletin*, B 2397 *bis*.
— *Astronomical Journal*, A 2454.
Ann Arbor. — University of Michigan. Observatory : *Publications*, D 149.
Berkeley. — University of California : *Memoirs*, M 644; *Publications*, U 149.
Boston. — American Academy of Arts and Sciences : *Memoirs*, M 603; *Proceedings*, P 500.
Boulder. — University of Colorado : *Bulletin*, C 106.
Cambridge. — Harvard College Observatory : *Annals*, A 1192; *Annual Report of the Director*, A 1714; *Bulletin*, H 30; *Circular*, A 2468.
Chicago. — Academy of Sciences : *Program of Activities*.
— University. Yerkes Observatory : *Publications*, P 878.
College Station. — Agricultural and Mechanical College of Texas : *Bulletin*.
Des Moines. — Iowa Geological Survey : *Annual Report*, R 467.
Easton. — American Chemical Society : *Journal*, J 780.
— National Academy of Sciences, *voir* Washington National Academy of Sciences.
Geneva. — New-York State Agricultural Experimental Station : *Annual Report*, N 142; *Bulletin; Technical Bulletin*, N 143.
Halifax. — Nova Scotian Institute of Science : *Proceedings*.
Houghton. — Michigan College of Mining and Technology : *Bulletin*.
Iowa City. — University of Iowa : *Studies*, U 155.
Madison. — American Astronomical Society : *Publications*, P 848.
Mount Hamilton. — University of California. Lick Observatory : *Bulletin*, L 81; *Publications*.
New-York. — American Mathematical Society : *Transactions*, T 252.
— American Physical Society : *Physical Review*, P 307.
— American Society of Civil Engineers : *Papers*, A 632[1].
— Engineering Foundation : *Progress Report*.
— Meteorological Observatory : *Annual Tables*, N 157[1]; *Report*, R 494.
— New-York Academy of Sciences : *Annals*, A 1200.
— State Museum : *Bulletin*, B 2397 *bis*.
Philadelphia. — Academy of Natural Sciences : *Proceedings*, P 498; *Year book*, A 1656[1].
— American Philosophical Society : *Proceedings*, P 506.
— Franklin Institute : *Journal*, J 812.
Pittsburgh. — University Allegheny Observatory : *Publications*, P 847.
— *Instruments; The Magazine of Measurement and Control*.
Rock-Island. — Augustana Library : *Publications*, A 2575[2].
Rolla. — Missouri Bureau of Geology and Mines : *Biennial Report of the State Geologist* B 328 *bis*; *Publications*, P 868.

SAINT-LOUIS. — Academy of Sciences : *Transactions*, T 232.

SAN DIEGO. — Museum : *Bulletin.*

— Society of Natural History : *Transactions*, T 402[1]

SAN FRANCISCO. — California Academy of Sciences : *Proceedings*, P 534.

STANFORD. — University : *Contributions from the Department of Geology ; Contributions from the Dudley Herbarium ; Publications*, L 65.

WASHINGTON. — Carnegie Institution : *New general Catalogue of Double Stars; Publications*, C 77.

— Carnegie Institution. Department of Terrestrial Magnetism : *List of Publications.*

— Carnegie Institution. Mount Wilson Solar Observatory : *Contributions*, C 76.

— Department of Agriculture : *Circular*, D 113[1]; *Farmers' Bulletin*, U 78; *Leaflet : Miscellaneous Publication*, D 114; *Monthly Weather Review*, M 1269; *Technical Bulletin*, U 80[1].

— Department of Agriculture. Weather Bureau : *Monthly Weather Review*, M 1269.

— Department of Commerce. Bureau of Standards : *Building and Housing Publications ; Circular*, C 419; *Commercial Standard ; Handbook ; Journal of Research*, B 2555[1]; *Miscellaneous Publications*, D 119; *Monthly List ; Progress Revision ; Standard Year Book ; Supplementary list of Publications.*

— Department of Commerce. Coast and Geodedic Survey : *Annual Report of the Director ; Results of Observations ; Serial ; Triangulotion.*

— Department of the Interior. Geological Survey : *Water Supply Paper*, W 7.

— Department of the Interior. Office of Education : *Bulletin*, U 62.

— Department of the Navy. Naval Observatory : *American Ephemeris and Nautical Almanac*, A 584; *Annual Report*, S 789.

— Library of Congress : *Report of the Librarian*, L 79.

— National Academy of Sciences : *Proceedings*, P 574.

WASHINGTON. — National Research Council : *Bulletin*, B 2392; *Report ; Reprint and Circular Series*, R 563[1].

— Smithsonian Institution : *Annual Report of the Board of Regents*, A 1674.

— Smithsonian Institution. Astrophysical Observatory : *Annales*, A 1193.

— Smithsonian Institution. Bureau of Ethnology : *Smithsonian Miscellaneous Collections*, S 381.

— Smithsonian Institution. National Museum : *Bulletin*, S 380; *Proceedings*, P 612; *Report*, R 553.

— *Journal of Agricultural Research*, J 718.

Mexique.

MEXICO. — Asociación de Ingenieros y Arquitectos : *Revista mexicana de Ingenieria y Arquitectura*, R 896 *bis*[1].

— Departamento de Salubridad Publica : *Boletin del Instituto de Higiene*, B 503[1].

— Instituto de Biologia : *Anales ; Folletos de Divulgacion cientifica.*

— Instituto geologico : *Boletin*, B 445.

— Laboratoire de Plasmogénie : *Bulletin.*

— Sociedad cientifica « Antonio Alzate » : *Memorias y Revista*, M 695.

Pérou.

LIMA. — *Revista de ciencias*, R 721 *bis*.

Uruguay.

MONTEVIDEO. — Facultad de medicina : *Anales*, A 681.
— Sociedad de cirugia : *Boletin*.

Venezuela.

CARACAS. — Colegio de ingenieros de Venezuela : *Revista*, R 803[1].

OCÉANIE.

Australie.

ADELAÏDE. — Hospital : *The Medical and Scientific Archives*, M 289[1].
— University : *The Australian Journal of Experimental Biology and Medical Science* A 2594[1].
SYDNEY. — Australian National Research Council : *Australian Science Abstract*, A 2596[2].
— Royal Society of New South Wales : *Journal and Proceedings*, T 390.
— University : *Journal of the Cancer Research Committee*.

Indes Néerlandaises.

BANDOENG. — Netherlands East Indian Volcanological Survey : *Bulletin*, B 2392[1].
— Dienst van den Mijnbouw : (Service géologique) *Jaarboek van het Mijnwezen in Nederlandsch-Indië*, J 7; *Wetenschappelijke mededeelingen*, W 43[1] et D 204[1].
BATAVIA. — Koninklijk Magnetisch en Meteorologisch Observatorium : *Observations*, O 48; *Observations made at secondary Stations; Regenwaarnemingen in Nederlandsch-Indië; Seismological Bulletin*, E 326; *Verhandelingen*, K 80.
— Netherlands India Science Council : *Natuurwetenschapplijke read voor Nederlandsch Indië*.
WELTEVREDEN. — Koninklije Natuurkundige Vereenigings in Nederlandsch-Indië *Natuurkundig tijdschrift voor Nederlandsch-Indië*, N 70.

ERRATA.

(Séance du 27 mars 1933.)

Note de MM. *R. Fosse*, *P. de Graeve* et *P.-E. Thomas*, Rôle de l'acide allantoïque chez les végétaux supérieurs :

Page 884, ligne 9, *au lieu de*

$$\left[\begin{matrix}NH^2.CO.NH\\NH^2.CO.NH\end{matrix}CH.COO\right]^2 Hg + 2H^2O,$$

lire

$$\left[\begin{matrix}NH^2.CO.NH\\NH^2.CO.NH\end{matrix}CH.COO\right]^2 Hg + H^2O.$$

Page 886, ligne 7, *au lieu de*

HCl concentré............................ 1^{cm^3}

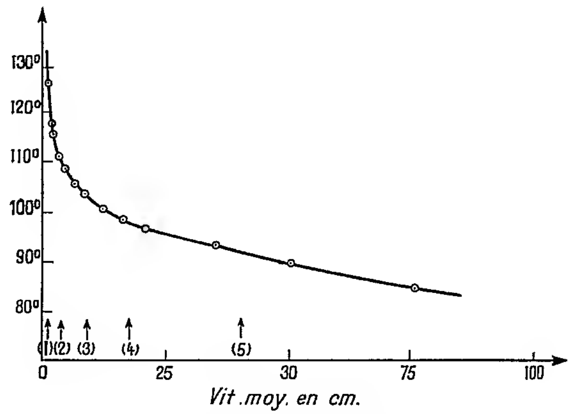
lire

HCl concentré............................ $1^{cm^3},2$

(Séance du 6 juin 1933.)

Note de M. *L. Sackmann*, Sur la variation de l'angle de décollement en fonction du régime d'écoulement :

Page 1717, ajouter le graphique ci-dessous :



Variation de l'angle de décollement en fonction de la vitesse d'ecoulement.

FIN DU TOME CENT-QUATRE-VINGT-SEIZIÈME.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JANVIER — JUIN 1933.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 196.

1° PARTIE ACADÉMIQUE.

A

B

C

D

E

F

H

M

N

O

P

S

2° PARTIE SCIENTIFIQUE.

A

B

C

D

E

F

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

Z

TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

X

Y

Z

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.
97252-34 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.